

وزارة المعارف العمومية

مکتبہ

تأليف

شارل چبس

عضو الجمعية الملكية بأدنبره

ترجمه الى العربية

ابراهيم رمزی افندی

المفتش بوزارة المعارف

در اجمع ترجمه

أحمد عاصم بك و محمد عبد الواحد خلاف افندي
المفتش بوزارة المعارف المفتش بالجمعية الخيرية الاسلامية

أحمد عاصم بك
المفتش بوزارة المعارف

حق الطبع محفوظ للوزارة

المطبعة الأميرية بالقاهرة

1928

وزارة المعارف العمومية

كِتَابُ
الْأَرْشَادِ الْعَلَمِيَّةِ الْخَالِدَةِ

تأليف

شارل حبسن

عضو الجمعية الملكية بأدنبره

ترجمه الى العربية

ابراهيم رمزي افندى

المفتش بوزارة المعارف

وراجع ترجمته

أحمد عاصم بك و محمد عبد الواحد خلاف افندى

المفتش بوزارة المعارف المفتش بالجمعية الخيرية الاسلامية

حق الطبع محفوظ للوزارة

المطبعة الأميرية بالقاهرة

١٩٢٨

فهرس

صفحة

الباب الأول

١ موطنة

الباب الثانى

٧ ممتنكون الأشياء ؟

الباب الثالث

٢١ المادة التى تتكون منها الذرات

الباب الرابع

٣٥ تركيب الذرة

الباب الخامس

٥١ ما هى الكهربائية ؟

الباب السادس

٦٧ ما هو الأثير ؟

الباب السابع

٨٣ ما هى المغناطيسية ؟

الباب الثامن

٩٢ معلومات أخرى عن الكهارب المتحركة

الباب التاسع

١٠١ ما هى الطاقة ؟

الباب العاشر

١١٢ أمواج الأثير

الباب الحادى عشر

١٢٦ ما هو الضوء ؟

صفحة	الباب الثانى عشر
١٤٣	معلومات أضافيه عن الضوء ✓
	الباب الثالث عشر
١٦٢	تعليل اللون
	الباب الرابع عشر
١٧٨	آراء مستمدة من الطيف
	الباب الخامس عشر
١٩٧	منشأ الكوكب ✓
	الباب السادس عشر
٢٠٨	عمر الأرض ✓
	الباب السابع عشر
٢١٥	من أين جاءت الحياة ؟
	الباب الثامن عشر
٢٢١	آراء أخرى عن الكهرباء
	الباب التاسع عشر
٢٢٨	ما هى الأشعة السينية ؟
	الباب العشرون
٢٣٤	كيف استكشف الراديوم ؟ ✓
	الباب الحادى والعشرون
٢٤٥	ما هى الأشعة المنبعثة من الراديوم ؟ ✓
	الباب الثانى والعشرون
٢٥٣	هل العالم ذاهب الى تقاد ؟ ✓
	الباب الثالث والعشرون
٢٦٢	سبب القوة الاشعاعية

صفحة	الباب الرابع والعشرون
٢٦٦	ماهى الجاذبية ؟
	الباب الخامس والعشرون
٢٧٢	ماهى الكهربائية الموجبة ؟
	الباب السادس والعشرون
٢٧٩	الخلاصة...
	الملحق الأول
٢٨٣	المواد المكونة للعالم
	الملحق الثانى
٢٩١	مذكرة تاريخية عن نظرية الضوء الحديثة
	الملحق الثالث
٢٩٥	بيانات عن بعض خصائص الأمواج الأثيرية
	الملحق الرابع
٢٩٨	الكهارب غير المنظورة ...

(j)

كشف الصور والأشكال

٤	اختبار النظريّة
١٢	نكت مكبرة من المادة
٢٢	أشياء غير منظورة
٤٧	التافر الكهربائي
٥٩	طريقة أحداث مجرى من الكهارب
٧٣	ماف من السلك يحمل تيارا كهربائيا يعمل عمل المغناطيس
٩٧	خطوط قوّة حول مغناطيس
١٢٣	الضغط الميكانيكي للضوء
١٤٤	ثنى حزمة من الضوء
١٦٩	مجال مغناطيسي قوى
١٨٦	المرقب الطيفي في حالة استعماله
٢٩٤	استكشاف المقدار القليل من المادة
٣٠٥	(١) الخطوط المظلمة في المرقب الطيفي (٢) تأثير زيمان
٣٢٩	صورة فوتوغرافية بالأشعة السينية لقيمة حجرية محفورة
٣٦٣	الكشاف الكهربائي في حالة استعماله

الرسوم المدرجة في المتن

٨٥	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(أ) التهيئة الباطنية لمخاطبىس فولاذى
١٨٣	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(ب) شئى حزمة من الضوء
١٨٤	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(ج) كيف يثنى المنشور حزمة من الضوء
٢٣٢	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(د) أنبوبة أشعة سينية
٢٩٧	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(هـ) مدى الأمواج الأثيرية
٣٠٢	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(و) عمل مجارب على الكهارب
٥٠	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(ز) تركيب الذرات
١٧٤	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(ح) مستقبل لاسلكى مستعمل للقياس
٢٧٤	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(ط) أنبوبة لاستكشاف الجزئيات الموجبة
٢٧٨	...	...	...	...	...	...	...	...	...	(ى) براىولات محدثة بفعل الحسابات الموجبة

مقدمة

كلما اتسعت معلومات الانسان زادت كتب العلم تعقداً وأمعنت في الفنية . واليوم لا تجد في الناس الا قليلاً ممن تسير بهم الحياة في مناكب غير مناكب العلم ، يجد لديه سعة من الوقت أو دافعا من الميل الى دراسة الأبحاث الفنية . ومع ذلك فانه لما كانت آراؤنا العلمية في الوقت الحاضر مختلفة جداً الاختلاف عن آراء عهد الجيل الماضي فان في الناس كثيرين يشتهون أن يتعرفوها ويفهموها . ليس ثمة من سبب يدعو الكثيرين من الناس الى قضاء حياتهم على ظهر هذا الكوكب ولا يعرفون شيئاً — وإذا عرفوا قليلاً — عن أمر القوى التي خلق بها البارئ تعالى هذه الدنيا ، والتي تحفظها على صورتها التي هي عليها . حقا ان أسئلة من قبيل : مم تتكون ذرات المادة ؟ ما هو الضوء ؟ ما هي الكهرباء وما الى ذلك — هي مما يهم سكان هذا الكوكب .

ولقد حاول المؤلف في هذا الكتاب أن يشرح الآراء العلمية الشائعة اليوم دون أن يستعمل في هذا الشرح لغة وراء متناول القارئ كائناً من كان ، ولقد راعى أن يجعل كلامه بحيث لا يحتاج من القارئ الى سبق دراية بالعلوم الطبيعية بته ، ولا علم بالرياضيات . على أن ” التحذير ” الملحق بهذه المقدمة قد استوجبه حوادث حدثت بصدد بعض كتب له أخرى . فقد ظهر من أسئلة قدمت اليه ، بل أقر السائلون ، أنهم يقرأون الأبواب دون أن يراعوا ترتيب ورودها في سياق الكتاب .

والمؤلف مدين بالشكر للأستاذ جيمس موير ، الدكتور في العلوم والأستاذ في الآداب ، والأستاذ ماجنس ماكليان الأستاذ في الآداب والدكتور في العلم والعضو بجمعية العلوم الملكية ، وأسد

أعضاء كلية كلاسكو وغربى اسكوتلاندا ، الفنية ، والى ه . ستانلى الأستاذ فى الآداب والبكلوريوس فى العلوم ، وكبير المحاضرين بكنجس كوليدج بجامعة لندن ، لتفضلهم بقراءة تجارب الكتاب . وهو مدين بالشكر أيضا لحضرات السادة الواردة أسمائهم فيما بعد لمساعدتهم فى صدد الصور : الأستاذ جيمس موير والدكتور ر . م . بوكنان وولتر . أ . سكوبل وشارلس ستوارت ، وجون ملىنان بكلاسكو ، والأستاذ أ . أ . بارنارد ، بأمرىكا ، وأدكار سينيور ، وشركة ادوارد تشسترتون ، ووريمان (مكتب تسجيل شعاع الرادىوم) وأثرأ . سميت بلندن ، وكذلك أندروأ . موير بكلاسكو لتفضلهم برسم الأشكال الواردة فى المتن . (١)

مقدمة الطبعة الثالثة

يسعد النفس أن تدعو الحاجة الى طبعة ثالثة من الكتاب فى غضون السنة الأولى من ظهوره لأول مرة . وقد أعيد طبعه كما هو إلا باصلاح بعض أغلاط كتابية كانت فيه .

أكتوبر سنة ١٩٠٩

مقدمة الطبعة السادسة

منذ نشر الطبعات السابقة من هذا الكتاب قام سير ج . ج . تومسون بعمل بحثى عظيم القيمة على ذلك الشيء المبهم الذى نسميه "الكهربائية الايجابية" وكذلك أضيف الى الكتاب

(١) أشكر للأستاذ أحمد افندى فهمى أبى الخير المعيد بقسم العلوم بالجامعة المصرية تفضله بمراجعة أصول الترجمة لضبط ألفاظها الاصطلاحية قبل تقديمها الى الوزارة
(المترجم)

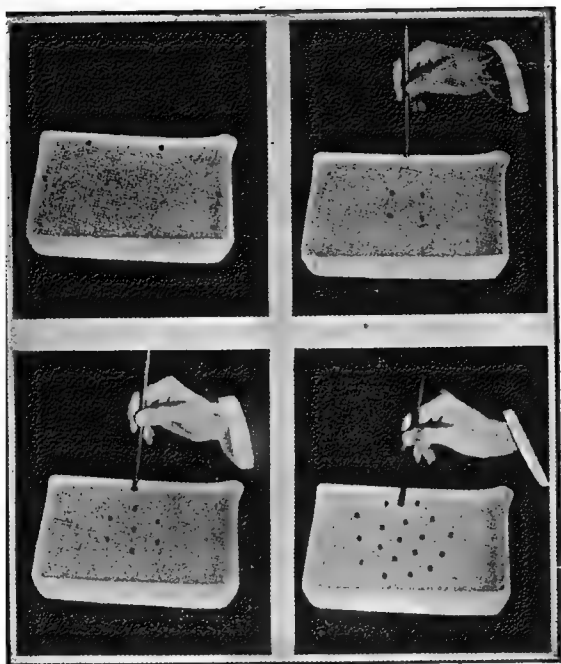
في هذه الطبعة باب جديد عنوانه « ماهى الكهربائية الايجابية؟ »
نعم لا يزال هذا السؤال مفتقرا أشد الافتقار الى جوابه الصحيح
ولكن ما جرى حتى اليوم يعتبر بداية فى سبيل الاجابة عليه .

وقد أضفنا الى الباب الثالث عشر خلاصة مختصرة عن النظرية
الجديدة التى وضعها المؤلف لشرح بها حلقة الاتصال بين الأمواج
الأثيرية للضوء واستشعارات اللون التى تحدثها هذه الأمواج .

ما يمر عام على نظرية الكهرباء (الاليكترون) إلا وهى تثبت
وتتأكد ، ولذلك كان من المهم أن يعطى القارئ العادى من
التفسير والشرح ما يستطيع فهمه بسهولة .

تحذير

يميل كثير من القراء عندما يلتقطون كتابا من الكتب الى القاء نظرة عاجلة على صحيفة مشتملات الكتاب . يختارون من الأبواب بابا يلوح لهم من عنوانه أنه شائق ، ثم يأخذون في قراءة هذا الباب أولا . ولا حاجة بنا الى القول بأن هذه خطة رديئة ولا سيما اذا كان القارئ لم يسبق له علم بالموضوع ، لأن المؤلف يفرض وهو يكتب كل باب ، أن القارئ قد اطلع على كل ما قبله من الأبواب . غرض المؤلف أن يجعل مادة الكتاب برمتها مدركة لكل قارئ على أتمها ، فاما أن يجعل كل باب تاما في ذاته من غير تكرار ذكر الحقائق واعادتها المفضية فأمر يعد من المستحيل . اذا ابتدأ الانسان قراءة الكتاب من الباب الأول تبسط له الموضوع اذا هو مضى فيه تباعا إذ يؤدي كل باب الى الباب الذى وراءه حتى يبلغ القارئ نهاية الكتاب ؛ كمراسى الخطوط الموطأة عبر النهر الواسع .



أشكال منتظمة محدثة بتأثير مغناطيسات عامة

في الصورة الفوتوغرافية الأولى (من اليسار) ترى أبر المغناطيسية الصغيرة العمودية متدلية من حلق الفلين الى أدنى . اذا تركت وشأنها تجذب الأقطاب المتأثلة ينفر بعضها عن بعض . أما في الصور الأخرى ترى يدا ممسكة بمغناطيس من القطب المضاد فوق مركز الحوض ، ولذا تكون المغناطيسات الصغيرة أشكالا تكون دائما على صورة ثابتة تبعا لعدددها . وهذه التجارب تساعدنا على تكوين صورة ذهنية عن تركيب الذرة .

الآراء العلمية الحديثة

الباب الأول

توطئة

إن يكن كف عدد كبير من جمهور القراء عن اعتبار "العلوم" (Science) اشياء "جافة" ، فلا يزال كثير من أذكاء الناس يرون جميع الآراء العلمية ضربا من اللحن أى الاصطلاح الفنى .
نعم لا بد أن تلوح الكتب العصرية فى العلوم للقارئ العادى كأنما كتبت بلغة لا يفهما ، ولكن لا مشاحة فى أن الألفاظ والكلم الاصطلاحية التى تتضمنها صفحاتها لم توضع لتدخل الحيرة على غير المتعلمين ، بل لتبسط الوصف لهم ، فقد تقوم الكلمة الاصطلاحية الواحدة مقام ما لا يمكن التعبير عنه بالكلام العادى فى جملة كاملة بل فى جمل عديدة ، وما قد يراه غير المثقف ايضا حاء وتفسيرا بسيطا يراه الخبير افراطا فى الاسهاب واللف للتعبير عن هذه الآراء . فالألفاظ الاصطلاحية هى فى الواقع مجازات قصيرة .

لقد استهجن مدير جامعة لندن فى اجتماع عقده المجمع البريطانى فى سنة ١٩٠٨ ما يراه من ازدياد استعمال الاصطلاحات الفنية فى الكتابة العلمية ، ومع اعترافه بضرورة ذلك فانه أشار الى أن ذلك من شأنه أن يجعل كثيرا من المؤلفات العلمية غامضا لا تدركه الا طائفة قليلة من الاختصاصيين ، وذهب الى القول بأنه ليس بين قضايا العلوم الا قليل جدا يستعصى التعبير عنه بغير لغتها ، وأكد لمعاونيه أنهم اذا تجنبوا لغة الاصطلاح الفنى ، فانهم يكونون بهذا أقدر على ايقاظ النفوس للاهتمام بالمسائل العلمية وعلى منع ما يخشى حدوثه فى النهاية من النفرة بين الفكر العلمى والفكر العادى .

ولقد قال سيرج . ج طمسن (J.J. Thomson) الكبردجى حين كان رئيسا للجمع البريطانى فى سنة ١٩٠٩ "إنى أرى أن العالم الفرنسى الفوسيقى الشهير (Physicist) لم يقترب الا قليلا من المبالغة حين قال إنه لا يعد أى استكشاف ذا بال ، ولا أن صاحبه قد ألم به حق الامام حتى يستطيع أن يفسر كنهه لأول من يقابله فى الطريق" .

ومنذ ثلثمائة عام نخرج غاليليو (Galileo) على عادة التمسك بوضع المؤلفات العلمية باللغة اللاتينية ، واستعمل اللسان "المستهجن" الايطالى . وقد ذكر غاليليو سبب تنكبه هذه الخطة فقال : "قد تكون للناس عقول مقومة تقوينا لائقا ، ومع ذلك فانهم اذ لا يقدررون على فهم الأشياء المكتوبة بلغة غامضة يوقرو فى نفوسهم أن صفحاتها المربكة لا بد أنها تتضمن نوعا بالغا من شعوذة المنطق أو الفلسفة أعلى من أن يأملوا إدراكه . وانى أريد أن يعرفوا أن الطبيعة التى جعلت لهم عيوننا كما جعلت للفلاسفة ليصرو بها أعمالها أعطتهم مثلهم عقولا ليتفحصوا تلك الأعمال ويدركوها" .

من الناس من يرى فى التطبيقات العلمية للعلوم أهمية عظمى ، ولكن الكثيرين منا يرون أن هذه التطبيقات ، وإن كانت مهمة ، لا يمكن أن يكون لها من الخلاصة ما لاجتهود الذى يبذل فى سبيل كشف المعانى الخفية للأشياء التى تحدث فى الطبيعة حولنا . فمن الطبيعى مثلا أن نتساءل : مم تتركب المادة ؟ وما السر فى أننا نجد بعض المواد سائلة حين نجد غيرها صلبة أو غازية ؟ ونقول ما معنى التماسك ؟ وما الاتحاد الكيماى ؟ وماذا يؤلف درجة حرارة المادة ؟ وم تتكون الذرات ؟ وما التيار الكهربائى ؟ وماذا يحدث للشئ حين يكهرب ؟ ومن أين تأتى مغناطيسية قطعة الحديد .

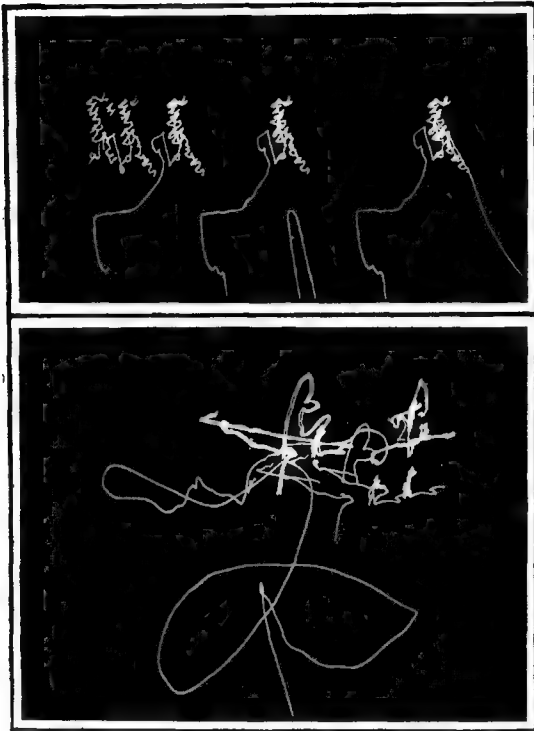
ثم هناك اسئلة عدة عن الطاقة واثير الفضاء، وكذا عن طبيعة الضوء والحرارة. فنسأل: لماذا نرى الأشياء مختلفة الألوان؟ ثم نريد أن نعرف أيضا آراء العلم في خلق الكوكب السيار الذى نعيش عليه، ومن أين أتت الحياة؟ وما الجاذبية؟ ثم يذهب بنا الأمر الى التساؤل عن: ما هى أشعة اكس السينية؟ وكيف يبعث الراديو تيارا مستديما من الأشعاع؟

لم يمكن تفسير كثير من هذه الظواهر تفسيرا معقولا قبل ظهور نظرية الكهرب أى الأليكترون (Electron Theory) والفرص من هذا الكتاب هو شرح هذه النظرية باللغة المتداولة. ولكنا أحيانا نجد فى الناس من يرون النظرية أمرا لا يجدى شيئا بته، ويحبسونها نوعا من التخمين الاغراقى الذى لا يضيرنا جهله. على أن النظرية ليست مجرد تخمين، فانه لما وجد القدماء أن قطعة الكهرباء (الكهرمان) اذا دلكت جذبت اليها قطعا من القش وغيره من الأشياء الخفيفة استنتجوا أن الكهرباء تتضمن روحا، وأن ذلك أعطاها حرارة وحياة. ولم تكن هذه نظرية بمعناها الصحيح، بل مجرد تخمين لأنهم لم يستطيعوا أن يقدموا من الحقائق المشاهدة ما يؤيد زعمهم.

اتنا اذا جمعنا عددا من الحقائق المشاهدة بدقة وحاولنا تفسيرها فان تفسيرنا هذا الذى نحاوله هو ما يسمى نظرية، نأخذ في البحث عن حقائق أخرى جديدة ينبغى أن يكون فى الامكان تفسيرها بنظريتنا، فاذا أحققنا فى ذلك فلا بد لنا من تعديل نظريتنا أو وضع نظرية جديدة. وسترى فيما يلى أن آباءنا الأقدمين كانوا يعتقدون أن الضوء شئ مادى مركب من جسيمات صغيرة جدا فى حين انا نعتقد اليوم أنه ليس الا حركة موجية فى وسط ما، ومن

جهة أخرى فقد كان الناس في زمن من الأزمان واثقين تمام الوثوق من أن الكهربائية ليست مادة بل انها مجرد أسلوب من الحركة في وسط . على أنا اليوم نملك من الأدلة القاطعة ما يثبت أن الكهربائية شيء حقيقى كائن مركب من جسيمات لانهاية لصغرها . إن أول ما يعمل عند ما تعرض نظرية ما ، هو أن توضع موضع الاختبار . وعندنا في الرسم المقابل مثل بسيط : أرسل الى أحد المكاتبين الصورة الشمسية التي أعيد طبعها بأعلى الصفحة وذكر أنها صورة فوتوغرافية لوميض برق أخذها منذ بضع سنين . وقال في رسالته : ” واضح أنها نفس الوميض مكررا في فترات متاقصت مدتها بانتظام “ واستخلص من هذا أن هذه الصور الخمس انما نشأت عن حدوث انعكاس من أجزاء مختلفة من العدسة ، ووجه الغموض هنا هو كيف أمكن حدوث هذا ؟ أما تقرير هذه النظرية فهي أنه لا يمكن حدوث خمس ومضات برقية متشابهة تمام التشابه كما ترى .

وقد أدى فحص الرسم الفوتوغرافي الى استنتاج أن ليس في الصور صورة مسببة عن البرق ، وانما أنتجتها جميعها خمسة مصادر ضوئية مفترقة . وقد كان بعيد الاحتمال أن تتحرك خمسة مصادر ضوئية باطراد على أسلوب شاذ واحد . ولذلك رأى أنه من المحتمل أن مصادر الضوء كانت مثبتة ، وأن لوحة الصورة كانت قد حركت . وقد قيل للمكاتب في الرد عليه ، باحتمال أنه عند ما أخذ يعد آلة التصوير في الظلام ليأخذ صورة البرق عند حدوثه كان في مجال عدسته خمسة مصابيح من مصابيح الشارع ، وأن هذه المصابيح قد رسم كل منها في اللوحة صورة تمثل حركة الآلة الفوتوغرافية إما أثناء تهيئة تلك الآلة مع ترك عدستها مكشوفة أو بسبب حدوث حركة غير مقصودة بعد ذلك حين كانت العدسة مفتوحة للتصوير .



اختبار النظرية

الصورة المثبتة بأعلى هذه الصفحة وردت الى باعتبار أنها صورة وميض من البرق . والذي أشكل على من أرسلها الى أنه لم يستطع تعليل كون الوميض قد تكرر خمس مرات في اللوحة الفوتوغرافية . فلما أفتى راسمها بأن الصورة ليست لوميض برق ، بل المريح أنها لضوء خمسة من مصابيح الشوارع لم يقبل هذه النظرية ، لأنه كان واقفاً أنه رسم وميض برق . على أنه وافق على أن يختبر الموضوع فيبيّن نزائمه التصويرية في الظلام والنافذة مفتوحة ، كما كانت في المرة الأولى ، بحيث يكون في الشارع فيها وراءها مصباح عادي على مسافة ما . فحصل عند ذلك على الصورة الفوتوغرافية الثانية . فثبت اذ ذاك أن النظرية التي أفتى بها كانت صحيحة . وأن الرقش الكتابي الذي ظهر على اللوحة ناشئ عن تحرك الخزانة الفوتوغرافية أثناء تثبيتها .

ولكن مراسلى لم يزل يعرض حججا ينقض بها هذه النظرية ، فقد أكد أنه لم يكن في مجال عدسته من مصابيح الطرق شيء لأن الصورة إنما أخذت من نافذة فندق على شاطئ البحر في مارجيت (Margate) . على أنه تفضل فكتب الى صاحب الفندق يسأله عما اذا كان في الامكان أن يرى أى ضوء من أضواء الطريق من تلك النافذة بعينها ، ولما جاء الرد بما يفيد أن الواقف في النافذة يستطيع أن يرى ستة مصابيح في الشارع أصر المراسل ولم يقبل وجهة نظرى . ولقد دعانى القول بأن هناك ستة مصابيح الى إعادة فحص الصورة الفوتوغرافية بتدقيق أشد من الأول ، فوجدت عليها اذ ذاك صورة ضئيلة أحدثها المصباح السادس . وترى هذه الصورة الضئيلة بين الصورتين الرابعة والخامسة على يسار الرسم . ولكن مراسلى ظل يعتقد أن الصورة إنما أحدثها وميض البرق الذى شاهده . فاقترحت عليه أن يختبر نظرية مصابيح الشوارع ، وذلك بأن يهيئ آلة التصوير وهي مفتوحة العدسة من نافذة يرى منها مصباح طريق على مسافة ما ليرى ان كان ذلك لا يحدث صورة مشابهة لذلك الضوء فقام بهذه التجربة وأرسل الى الصورة الفوتوغرافية السفلى التى تجدها فى الرسم . وقد ذكر لى أنه اقتنع اذ ذاك بأن نظرية مصابيح الشوارع صحيحة .

اننا قد نستطيع أن نستدل من النظرية على وجوب حدوث أشياء معينة أو وجوب وجودها اذا كانت النظرية صحيحة ، ومن ثم نجرى تجاربنا . وقد أجمل لورد فرانسيس باكون Francis-Bacon هذا الموضوع منذ ثلثمائة عام فى الجملة الآتية فى كتابه الموسوم (تقدم العرفان) Advancement of Learning اذ قال : كل فلسفة طبيعية صادقة لها مقياس أو سلم مزدوج صاعد ونازل

فالمساعد يبدأ بالتجربة وينتهي عند استنباط العلل والنازل يبدأ
من العلل وينتهي عند ابتداع تجارب جديدة .

وقوانين الطبيعة هي نظريات يلوح لنا أنها تفسر كل الوقائع
المشاهدة المتصلة بها ، على أنه يجب علينا أن نتذكر أن ما يسمى
قوانين الطبيعة إنما هو من صنع الانسان نفسه ، وأن الأشياء
لا تحدث بسبب هذه القوانين .

الباب الثانى

مم تتكون الأشياء ؟

إضافة الأشياء بعضها الى بعض — مكونات الدنيا — سببان لندرة المواد —
 الاتحاد الكيميائى — المشاركات الغريبة — ما لا يرى من جسيمات المادة —
 الذرات — الجزيئات — الميل الكيميائى — الجذب الكهربائى — نوعان مختلفان
 من الكهرباء — منشأ الاصطلاحين : الموجب والسالب — قوام المادة —
 قياس تمثلى — التماسك — درجة الحرارة — الصلب والسائل والغازى .

لا يقنع العقل الباحث بأن يعلم أن بعض الأشياء مصنوع من
 مادة يقال لها الزجاج وغيرها مصنوع من مادة يقال لها الطين .
 بل يريد أن يعرف مم تتكون هاتان المادتان. نفساهما .

لقد اعتدنا قبل مغادرتنا المدرسة تمام الاعتياد القول بأن
 أغلب الأشياء إنما يصنع بإضافة غيرها من الأشياء بعضها الى
 بعض . وكان يلذنا أن نعرف أن نوعا من الزجاج يصنع باغلاء الرمل
 والصودا والجير على نحو ما تصنع حلوى "المضاعة" بطبخ
 السكر والزبد وغيرهما معا (Toffee) . وقد كان يسرنا فى أيام طفولتنا
 أن نعرف أن الورق ممكن صنعه من الخرق القديمة أيا كان نوعها .
 ثم أخذنا نتبين بعد ذلك مباشرة أن الانسان لا يستطيع الا أن
 يضيف الأشياء بعضها الى بعض أو يطرح بعض الأشياء من أشياء
 أخرى مركبة وأنه ليس فى الدنيا الا مقدار معين محدود من المادة
 وأن هذا المقدار موجود منذ "خلق الله السموات والأرض" ثم
 أخذنا نتبين من هذا أن كل ما نراه اليوم على الأرض وجد على
 صورة ما منذ الأزل واقتنعنا حقا كما اقتنع سليمان من قبل بأن
 "لا جديد تحت الشمس" .

ولم يذهب بنا البحث بعيدا حتى علمنا أن كل المواد المركبة ليست الا اتحادات مختلفة لعدد معين من مواد بسيطة ، أى أولية .
 فبينما نجد لدينا مائتى ألف أو ثلثمائة ألف من المواد المركبة المختلفة اذا بنا نجدها تتألف جميعها من اثنين أو أكثر من العناصر البسيطة أو المواد الأساسية المحدودة العدد .

وانا لنعرف الآن حوالى ثمانين من هذه المواد الأولية ، وما يعرفه القارئ العادى منها قليل اذا قيس بمجموعها ، واذا تأمل الانسان فى البيان الوافى لهذه العناصر كما ترى فى الملحق رقم ١ فى صفحة ٢٨٩ يجد أن أكثر الناس لا يمكنهم أن يعرفوا نصف أسمائها .

هنالك عدد معين من المواد الأولية معروف لنا تماما ولا سيما الفلزات Metals الآتية : وقد وضعها بترتيب قيمتها التجارية النقدية : البلاتين Platinum ، الذهب ، الفضة ، النيكل Nickel ، الزئبق ، الالومنيوم Aluminium ، القصدير Tin ، النحاس ، الخارصين Zink ، الرصاص ، الحديد . وكذلك نحن جميعا نستشعر بعض المعرفة بغازات : الأوكسيجين Oxygen والايديروجين Hydrogen والنيتروجين Nitrogen والكلور Chlorine فاذا تركنا الفلزات والغازات جانبا عرض لنا اسم الكربون ، تلك المادة التى نعرف أنها تشغل مكانا خطيرا فى الكون ، بل فى أجسامنا . فان أهم ما يدخل فى تكويننا الكربون والايديروجين والأوكسيجين والنيتروجين .

واذا عدنا الى بيان المواد التى تدخل فى تكوين الوجود وجدنا عددا من العناصر الأخرى لنا بها بعض المعرفة كالفسفور (Phosphorus) والكبريت Sulphur والبوتاسيوم Potassium والصوديوم Sodium والزرنيخ Arsenic والأنثيمون Antimony

والبروم Bromine والكلسيوم Calcium والكوبالت Cobalt واليود Iodine والمغنيزيوم Magnesium والسليديوم Selenium والسليكون Silicon والأورانيوم Uranium ؛ والى هذه يجب أن نضيف عنصر الراديوم Radium الذى بقى فى الطبيعة كتر مدفونا حتى سنة ١٨٩٨ وثبت أن استكشافه كان ذا أهمية بالغة للعلوم كما سترى فيما بعد .

لقد ذكرت حتى الآن واحدا وثلاثين فقط من هذه المواد الأولية المعروفة وأشك فى معرفة القارئ العادى لأى العناصر الأخرى التى تكون منها العالم . واليك ستة من أغربها تسمية : الاتريوم Yttrium والزينون Xenon والفاناديوم Vanadium والبراسيوديميوم Praseodymium والكريبتون Krypton والجادولينيوم Gadolinium . ولا يظهر كثير من العناصر فى قوائم المواد الكيميائية التى تعرض للبيع مطلقا ، وبعضها لم يمكن الحصول عليه الا بمجهود كبير وعناية بالغة فى المعامل العلمية . على أنه يجب أن نتذكر أن المادة قد تساوى أكثر من وزنها ذهباً لسببين مختلفين تمام الاختلاف ، فقد لا يوجد العنصر فى العالم الا بمقادير صغيرة جدا أو أن تكون الطبيعة قد خبأته فى مادة مركبة تخبئة تتطلب منا بذل مقدار عظيم من الطاقة لاستخلاصه ، فمثلا قد نشترى كيس الجير بقليل من الشلنات ، ونحن نعلم أن أكثر من نصف ما يتركب منه الجير مكون من مادة أولية تسمى الكلسيوم ؛ فإذا فرضنا أنك قلت للبائع أنك تفضل ألا تأخذ الا الكلسيوم الذى فى كيس الجير وحده ، ومع أنك تعلم أن ثلاثة أرباع ما يحتويه الكيس هو من الكلسيوم فإنه يرضيك أن تأخذ ملء نصف الكيس من هذه المادة وحدها ، فإذا كان البائع على استعداد للقيام بطلبك فلا بد أن تعريك الدهشة عند تقديم الحساب ،

اذ لعلك كنت على استعداد لدفع ثمن الكيس بأجمعه أو أن يجعل لك البائع خصما مقابل أنك لم تطلب الاجزاء من محتويات الكيس فقط ، فاذا فرضنا أن الواقع أنك لم تكن على علم سابق بقيمة مادة الكالسيوم فلا بد أن يذهب بك الظن الى أن هناك خطأ ما في الحساب ، لأن قيمته اذ ذاك لن تكون أقل من خمسين جنيها ، بدلا من تلك الشلنات التي كنت ترتقب أن تدفعها . وإنه لمن المدهش لأول وهلة أن عنصرا من عناصر مادة شائعة يكون له مثل هذا الثمن الغالى مع وفرة تلك المادة في الوجود . ان قيمة الكالسيوم العالية نسبيا ترجع الى نفقة استخلاصه عن مركباته ، ولقد كان ثمن "فلز" الكالسيوم منذ بضع سنين أعلى من هذا علوا كبيرا ، لأن وسائل استخراجه كانت يومئذ أكثر نفقة . واذا عدنا مرة أخرى للتفكير في قائمة المواد الأساسية فقد يظن الانسان أنه اذا عرف الخواص الذاتية لكل عنصر منها فانه يستطيع أن يعين خواص كل المركبات المتألفة من هذه العناصر . ولكن هيئات ، اذ الواقع أن هذه العناصر حين يشترك بعضها مع بعض تفقد ذاتيتها فقدانا تاما ، فقد يلوح من الطبيعي أن نظن أننا اذا أضفنا غازا الى غاز فانما نحدث غازا مركبا . نعم اننا نستطيع بسهولة أن نكون خليطا من الغازات ولكن هذا يكون أشبه بخلط الرمل والسكر معا ، اذ يحتفظ كل منهما بذاتيته الخاصة ، وهذا أمر يختلف كل الاختلاف عن الاتحاد الكيميائى *Chemical Combination* .

لما تلقنا في المدرسة أن الماء العادى ليس الاتحادا كيميائيا بين غازين هما الايدروجين والأكسجين استعصى علينا ادراك هذه الحقيقة ، فقد كان الأمر حقا غير ما كنا نتوقع . فهل نعد من الأمور النظرية أن الماء مركب فعلا من غازين ولا شئ سواهما أم أنه يمكننا اثبات ذلك .

إن من السهل اثبات ذلك عمليا لأننا إذا أمررنا تيارا كهربائيا في وعاء به ماء فإن الماء ينفخ بالتدريج ، وإذا اتخذنا وسائل لجمع الغازات الصاعدة من الماء لانجد الايدروجينا وأوكسيجينا .

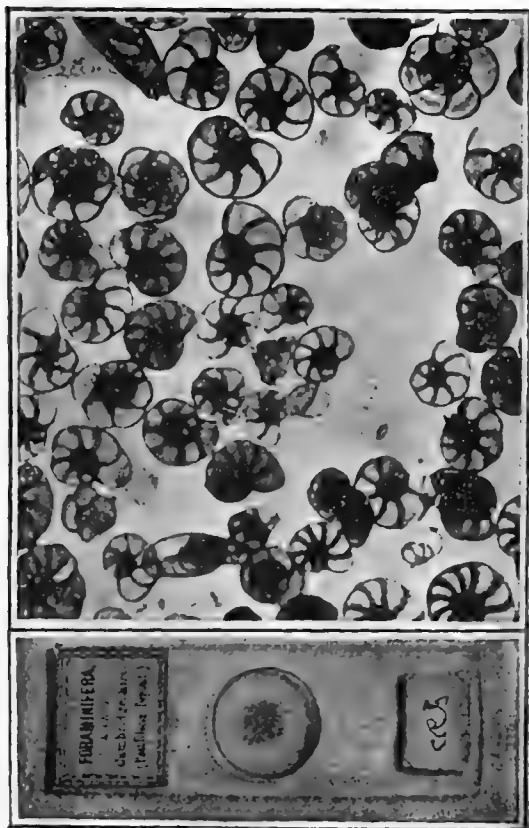
وسلاحظ القارئ أن هاتين المادتين تفقدان خواصهما الذاتية فقدانا تاما عند ما تشترك احدهما مع الأخرى ، فالمعلوم لنا أن الايدروجين غاز شديد الاشتعال ومع ذلك لا يوجد عاقل يحاول إشعال الماء . إن الكثيرين منا يذكرون ما أجروه على غاز الأوكسيجين من التجارب الجميلة أيام مراقبتهم ، فكان احراق مختلف الأشياء في زجاجة مملوءة بالأوكسيجين يدخل سرورا كثيرا في نفوسنا . بل لقد أمكننا أن نحرق قطعا من نابض الساعة الفولاذي ومسامير الحديد وغيرها مما كان يخيل البنا أن من المحال احتراقه ، وبهذه الوسيلة وقر في نفوسنا من بعدها أن الأوكسيجين مساعد عظيم على الاحتراق . على أنه من الواضح أن الأوكسيجين عند ما يتحد مع الايدروجين ليكون ماء يفقد هذه الخاصية الممتازة فقدانا تاما ، وأن أبسط الناس عقلا لتشتد دهشته لو رأى ذبال الشمعة الداكن المحمر من الحرارة يشتعل لها إذا هو وضع تحت الماء ، ومثل هذه المستحيلات انما ترى في الحفلات التي تعرض فيها الأعياب الشعوزة .

نعود فنسأل : ما الذي يحدث بالفعل عند ما يشترك الأوكسيجين والايدروجين ويصبحان ماء؟ والجواب عن ذلك اننا لا نستطيع أن نرى مباشرة ما يجري ولكننا نستطيع أن نكون عما يحدث صورة عقلية واضحة تماما . في هذه الصورة نرى المادة كلها مركبة من جسيمات صغيرة جدا ، وهذه الجسيمات من الصغر بحيث أنها أبعد من مدى أقوى المجاهر ، وإذا قلنا إن هذه الجسيمات قد قدر قطر الواحد منها بجزء من خمسين مليوناً من البوصة كان القول

قليل الفائدة للمقارنة حجمها النسبي بغيره من الأشياء غير المنظورة. على أننا قد ندرك فرط صغر هذه الجسيمات الأساسية بطريقة أخرى.

مما يلد المبتدئ دائماً عند ما ينظر خلال المجهر أن يرى أيضاً الحجم الحقيقي للشيء بالعين المجردة ، يرى أن ما يبدو كأنه مجرد ذرة من الغبار ، يكون له شكل صدفه جميلة (أنظر الشكل المقابل لهذه الصفحة) . ومن جهة أخرى إذا امتحن المبتدئ ميكروباً بمجهر قوى خبّر أن الشيء الذي كان ينظر إليه يستعصى على العين المجردة تبيّنه ، فهو من الصغر بحيث لا يمكن أن يرى حتى ولا كهباء (أنظر الرسم المقابل لصفحة ٢٢) . والواقع أن هذه الميكروبات دقيقة الحرم جداً ، ومع ذلك فهي مرده هائلة إذا قيسست الى الجسيمات التي تتكوّن منها المادة ، ولا عجب فإن كلا من هذه الميكروبات نفسها يحتوى على آلاف الملايين من الجسيمات الدقيقة.

ولا داعى للاسترسال إذ لا رجاء لنا في أن نكون صورة عقلية وافية لمجم هذا الأجر الدقيق الذي تستمد منه الطبيعة في بناء الأجسام ، بل يكفي أن نتصوّر أن المادة جميعها متكوّنة من جسيمات مفرطة في الدقة نسميها ذرات "atoms". وتوجد أنواع مختلفة من الذرات بقدر ما يوجد من المواد الأولية المختلفة ، فهناك ذرة الحديد ، وذرة الذهب وذرة الايدروجين وذرة الأوكسجين وذرة الكربون وهلم جرا . وقد بلغ ما عرف من أنواع هذه الذرات نحو الثمانين ولا يصح القول بأن للماء ذرة ، لأن أصغر جزء من الماء يمكن وجوده على صورة ماء مركب من ذرتين من الايدروجين متحدتين مع ذرة من الأوكسجين . ويطلق على هذه المجموعة الصغيرة من الذرات المتحدة اسم جزيء الماء "Molecule". وواضح أن هذا الجزيء هو أصغر جسيم من الماء يمكن وجوده ، لأننا إذا جزأناه لا يظل ماء بل يصبح ايدروجينا وأوكسجيناً .



نكت مكبرة من المسادة

الصورة السفلى تين رقيقة مجهرية مرسومة بحجمها العادي ، وترى في وسط الرقعة
نكت صغيرة تلوح كحييات الرمل الناعم . أما الصورة العليا فتبين بعض هذه الحيات مكبرة
تكثيرا عظيما .

والجزء عبارة عن مجموعة ذرات ولكن قد تكون الذرات كلها من نوع واحد، فنقول مثلا ان للايدروجين جزيئا، ولكنه لا يكون سوى من ذرتين أو أكثر من الايدروجين يرتبط بعضها ببعض . وجزيئات بعض المواد المركبة متألقة من عدد كبير من ذرات مختلفة . مثال ذلك : أن الجزء الواحد من المركب المعروف بالشبة (Alum) يشتمل على الأقل على مائة ذرة ، في حين أن عدد الذرات في كل جزء من جزيئات بعض المركبات الأخرى يقرب من الألف . اذا تصورنا الذرات الأولية تتجمع في فرق صغيرة تسمى جزيئات وتصورنا الذرات ممسكا بعضها ببعض فاننا نجد أن الذرات المختلفة تماسك بقوى مختلفة . فاننا مثلا اذا ركبنا الأوكسيجين مع الايدروجين نجد أن كل ذرة أوكسيجين قادرة على أن تضم إليها ذرتين من الايدروجين ، وعليه فاننا حين نحلل الماء الى الغازات التي يتكون منها بواسطة تيار كهربائي نجد أننا نحصل من الايدروجين على ضعفى حجم الأوكسيجين . ولذلك فان صيغة عقد الشركة التي تسمى "الماء" تنص على أن هيئة اتحادها تتألف من عضوين من فريق الايدروجين وواحد فقط من فريق الأوكسيجين .

وفي ملح الطعام العادى يوجد نوع بسيط من الشركة : ذرة من الصوديوم متحدة مع ذرة واحدة من الكلور . ثم ان ذرة واحدة من الذهب تستطيع أن تجذب إليها ثلاث ذرات من الكلور وتكون بذلك كلورور الذهب الذى يستعمل في تحسين الصور الفوتوغرافية . ومن أنواع الذرات ما يستطيع أن يمسك بأربع ذرات بل إن منها ما هو أقدر على الإمساك بأكثر من ذلك .

وذرات بعض المواد كالنتروجين والكربون ذات قوى إمساك مختلفة ، فقد تمسك ذرة النتروجين بذرة واحدة وقد تمسك بثلاث ،

وفي بعض الأحوال بنحس ذرات . وعلى كل حال فإن كل ما ينبغي أن نلاحظه في الوقت الحاضر هو أن الذرات الأولية المختلفة تتحد بعضها مع بعض بعدة طرق مختلفة ، وبذا تؤلف جزيئات كل المواد المركبة .

ولقد اعتدنا في المدرسة أن نلقن أن الذرات تتحد بواسطة قوة تسمى الميل الكيميائي (Chemical Affinity) ولكن لم يكشف لنا عن طبيعة هذه القوة الخفية ، ولم يتح لنا أن ندرك أن الميل الكيميائي ليس الاتجاذا كهربائيا بين الذرات المختلفة الا منذ عهد قريب نسبيا ، وليس منا من لا يعرف ظاهرة التجاذب الكهربائي . (Electrical Attraction) . نعم قد لا نكون شاهدها الا في صورة قضيب مكهرب يجذب اليه كرات نحاع اليلسان (Pith-balls) أو الريش . بيد اننا نستطيع أن تثبت لأنفسنا بالدليل المقنع أن من الممكن مشاهدة تلك الظاهرة باستعمال المواد العادية التي بين أيدينا . فاننا اذا أخذنا أصيص زهر عادي من الزجاج وجففناه ودلكناه بسرعة بمنديل من الحرير فانه يستطيع أن يجذب اليه حزمة من الريش .

ولكنا نعلم أن جميع الأجسام التي تشحن بالكهربائية لا يجذب بعضها بعضا ، ففي أول العهد بعمل تجارب على الكهربائية ، لوحظ أنه لما مكهرب قضيب من الزجاج بدلكه بقطعة من نسيج الحرير لم يكن تكهربه من نوع التكهرب الذي يحدث لقضيب من شمع الختم ، أي الراتنج ، بمثل تلك الطريقة . واذا مكهرب جسم خفيف بواسطة قضيب الزجاج المكهرب وكهرب جسم خفيف آخر بواسطة قضيب الشمع المكهرب فان هذين الجسمين الخفيفين يتجاذبان . ولكن اذا مكهرب هذان الجسمان من مصدر واحد

فانهما يتنافران دائماً . وشوهد أنه لما شحنت كرتان نحاعيتان بكهربائية من قضيب الزجاج فانهما تنافرتا ، ولو كهربتا بواسطة قضيب الشمع لحدث التنافر بينهما أيضا . ومن ذلك اتضح بجلاء أن الأجسام المكهربة تكهربا واحدا ، أو بعبارة أخرى ، الأجسام المشحونة بنوع واحد من الكهرباءية ينفر بعضها عن بعض . (انظر الرسم المقابل لصفحة ٤٧) وقد كان جليا أيضا أن التكهرب المستمد من قضيب الزجاج لم يكن كالتكهرب المستمد من قضيب الشمع المذكور ، لأن الجسم المشحون من قضيب الزجاج لا ينفر عن جسم مشحون من قضيب الشمع بل يجذب اليه .

وقد أطلق القائمون بالتجارب في بادئ الأمر على الكهرباءية الحادثة من قضبان الزجاج اسم الكهرباءية الزجاجية ، (Vitreous) وعلى الحادثة من شمع الختم اسم الراتنجية (Resinous) . على أنه لما ارتأى بنيامين فرانكلين (Benjamin Franklin) أن الكهرباء سيال واحد خفى استنتج أن الجسم المكهرب بقضيب زجاج كانت فيه زيادة في السيال ، ولذلك قال إنه — أى الجسم — موجب التكهرب ، أى أنه مشحون بكهربائية موجبة . وزعم من الجهة الأخرى أن الجسم المكهرب بقضيب شمع الختم كان به نقص في السيال ، ولذلك قال عن الجسم أنه كان سالب التكهرب وبعبارة أخرى قال : إن قضيب شمع الختم أنتج كهربائية سالبة .

وبعد حين أخذ الناس يرون أن من المضحك القول بأن الكهرباءية سيال ، بيد أنهم احتفظوا بكلمتي ”موجب“ و”سالب“ للتسهيل . ونحن اليوم قد رجعنا الى أفكار لا تختلف عن نظرية السيال الكهربائي التي قال بها فرانكلين ، ولكنا ستزيد إلما

بهذا الموضوع عند ما نتناول الآراء الحديثة الخاصة بتكوين الذرة . ولنتقنع في الوقت الحاضر بتصور بعض ذرات الطبيعة مكهربة كهربية موجبة وغيرها . كهربية كهربية سالبة . ونحن نعلم أن الجسمين المتضارين في التكهرب يتجاذبان : فذرة الايدروجين موجبة التكهرب ، وذرة الأوكسيجين سالبة التكهرب . وعليه فلا بد أن تتجاذب هاتان الذرتان وتتحدان اتحادا كهربائيا ؛ وإذا شئنا قلنا إنهما متحدان كيميائيا . وعلينا أن نقنع بهذا القول العام حتى نصل إلى درجة تسمح لنا أن نرى فيما بعد كيف تصير الذرات مشحونة بالكهربائية . وسنرى أيضا كيف أن ذرات النوع الواحد تصبح متحدة اتحادا كهربائيا .

لقد استطعنا حتى الآن أن نكون صورة عقلية نافعة عن تكون جزيئات المادة . ترى فيها الذرات الأولية بشحناتها الكهربائية متحدة معا ومكونة بهذا الجزيئات المتعادلة ، ومع ذلك فإن هذه الجزيئات أبعد عن مدى أقوى المجاهر . ولنعُد إلى التفكير في الميكروب الذي لا يرى ونحاول أن نتصور أنه متكون من ملايين فوق ملايين من جسيمات قائمة بذاتها أي جزيئات كل منها يشتمل على عدة ذرات ، وعليه نتصور أن قطعة الحديد الصلب متكونة بأجمعها من ذرات غير منظورة من الحديد .

قد يبدو لبعض الناس غريبا تصور أن الكتلة الصلبة من المادة يمكن أن تكون بأجمعها متكونة من أشياء غير منظورة ، ولكن لا غرابة في ذلك . تصور نفسك واقفا في بقعة من الريف تمر في وسطها طريق واسعة متربة تصعد بعد تعرجات عدة على جانب تل بعيد صحيق ، وإنك نظرا لعظم اتساع هذه الطريق البيضاء اللون يمكنك أن تتبع أثرها على جانب التل البعيد ، وتصور أيضا أنك ترى رجلا يسير في هذه الطريق قاصدا التل البعيد ، إذ ذاك ، كلما أمعن السائر في سيره

لاحظت أنه أخذ يبدو أصغر جسما، وعند ما يصل الى التل البعيد السحيق يمتحنى عن العين حتى لا يرى وكأنه نقطة في الطريق. البيضاء التي فرضنا أنها عظيمة الاتساع لتلائم الغرض الذي نرمي اليه. التل بعيد ممعن في البعد جدا حتى لتعجز أن ترى الرجل بواسطة المرقب (التلسكوب)، وإذا لم تستطع أن تدنو من الرجل فسيظل بحيث لا يدركه بصرك، ولكن إذا بدا جيش عظيم من ملايين من الرجال على ذلك التل السحيق فستلاحظ اذ ذاك بقعة مسودة . في هذا المثال ، الكتلة المنظورة من المادة الصلبة مكونة من جسيمات لا تراها البتة . وإذا ما تناوينا قطعة من الحديد الصلب فظاهر جدا أن الجسيمات غير المنظورة المكونة لها لا بد أن تكون مرتبطة ارتباطا عظيما . وقد أطلقنا على هذه القوة التي تربط الجزيئات بعضها ببعض اسما نعتيا هو قوة التماسك (Cohesion) . ومن السهل توضيح الفوة البالغة التي تربط الجزيئات بعضها ببعض ، فإنا إذا أخذنا قضيبا من الحديد ، مثل القضيب الذي تصنع منه مسامير البرشام ، قطاعه حوالى بوصة مربعة ، وجدنا أننا إذا أردنا أن نفرق بين الجزيئات في مكان من هذا القضيب نحتاج الى قوة شد تعادل خمسة وعشرين طنا . ومن الأسلاك الفولاذية ما يتحمل ضغطا على البوصة المربعة يبلغ مائة طن . وإذا نجحنا في نزع الجزيئات بعضها عن بعض فلا يحدى أن نضع القطع المتبورة معا على أمل أن تعود الجزيئات فيعلق بعضها ببعض ثانية . فظاهر من ذلك أنه يجب أن تكون الجزيئات متلاصقة تلاصقا شديدا جدا حتى يمكن أن يحدث الجذب بينها ، ولذلك فإننا إذا أحينا أطراف قضيب الحديد المقطوعة نعين الجزيئات على أن يدنو بعضها من بعض ثانية ، ونجد عندما يرد القضيب أن الجسيمات الصغيرة قد أمسك بعضها ببعض بشدة مرة أخرى .

ولتكوين فكرة واضحة عما يحدث في هذه الحالة يحدربنا أن نكون صورة عن تكون المادة الصلبة .

لا مشاحة في أن الجزيئات ليست كآجر صلب صغير مرصوص بعضه الى جانب بعض . فسنرى فيما بعد أن لدينا برهاناً تجريدياً قاطعاً على أنه توجد فعلاً مسافات بين الجزيئات . والواقع أنه يجب علينا أن نتصور أن كل أصناف المادة ، حتى أصلب شيء يخطر بالبال ، في الحقيقة مسامية ، فالفولاذ والصوان والرخام والزجاج ، جميعها أشبه بالاسفنج ، وفضلاً عن هذا فقد أدركنا من زمن بعيد أن هذه الجسيمات الصغيرة غير المنظورة تستطيع أن ترتعش ، أى تهتز ، وأن هذا الاهتزاز في الجزيئات هو ما يسمى في العرف : حرارة أو درجة الحرارة Temperature وقد نجعل جزيئات الحديد في حالة اهتزاز سريع جداً وذلك بطرقه بمطرقة بخارية ، فيصبح الحديد اذ ذاك من شدة الحرارة بحيث لا يؤمن لمسه . وإذا استمرنا على الدق فسرعان ما تبلغ حرارته درجة الاحمرار . ان اكل جسم مقداراً من الحرارة ، فإذا كان ما به قليلاً جداً قيل إنه بارد وليس هذا الا على سبيل المقارنة . اذا كانت درجة الحرارة في غرفة جلوسك $^{\circ}75$ على مقياس فهرنهايت أى $^{\circ}24$ مئوية فانك تقول انه حار لا يطاق ، ومع ذلك فانه اذا قدم اليك الشاي في هذه الدرجة من الحرارة تقول إنه بارد لدرجة معيبة . والجسم البارد يمكن جعله أبرد ، فظاهر اذن أن به مقداراً ما من الحرارة ، وعليه فان جزيئاته في حالة ارتعاش أو اهتزاز . فيمكننا والحالة هذه أن نتصوراً كثف الأجسام الصلبة متكوناً من جسيمات منعزلة بعضها عن بعض في حركة مستمرة ولكنها لا تتلاصق أبداً تلاحقاً تاماً .

والآن فلننظر في حالة قضيب الحديد المقطع : نسخن الطرفين إما بالطرق أو بوضعهما في ينبوع حراري، ففي النار تكون الجزئيات في حالة امتزاز سريع، وهذه تبعث في جزئيات الحديد مثل حالتها. وإذا سلطنا على الحديد حرارة شديدة جدا فاننا بذلك نجعل جزئياته تتباعد بحيث لا يتمكن لها أن تتجاذب بنفس القوة السابقة، فيرتخي ما يربطها من وثاق شديد ويصبح الجسم الصلب كتلة سائلة. وإذا استمررنا في تسليط حرارة شديدة على هذا الجسم فان الجزئيات تفقد قوة تماسكها بعضها ببعض بتاتا ويصبح الجسم السائل بخارا أي غازا، ولكن لا بد قبل أن تخلص جزئيات الحديد المطاوع من رابطة الصلابة من أن ترفع حرارتها الى درجة تعادل ٣٠٠٠ فهرنهايت أي حوالي ١٧٠٠ مئوية، ولا بد قبل أن تتحرر هذه الجسيمات الصغيرة من قبضة السيولة أن تستمر الحرارة في الارتفاع الى درجة ٦٠٠٠ فهرنهايت أي حوالي ٣٣٠٠ مئوية، ويجرد رفع تلك القوة العاملة على تفريق الجزئيات بعضها عن بعض، أي الحرارة، تعود الجزئيات الى التقايب بعضها ببعض وترتد من الغازية الى السيولة، ثم الى الصلابة اذا كانت هذه هي حالتها الطبيعية وهي على درجة الحرارة العادية.

ولننظر نظرة أخرى الى الصورة التي رسمناها عن تركيب المادة : نرى أن جميع الأجسام مسامية، وان جميعها تتكون من جزئيات مهتزة ليست متلاصقة تلاصقا فعليا حتى في الأجسام الصلبة، ونجد أن قوة التجاذب الناشئة من التماسك تكون والجزئيات أقرب، بعضها الى بعض، كما في الجسم الصلب، أشد منها وهي أكثر ابتعادا بعضها عن بعض، كما في السائل.

في الجسم الصلب تخيل الجزئيات تهتز فقط من جانب لآخر مثل البنادل الصغيرة، أما في السائل فيخيل لنا أن الجزئيات علاوة

على ما لها من تلك الحركة الاهتزازية فانها حرة بدرجة ما في التنقل هنا وهناك والانزلاق بعضها فوق بعض . اذا مزجنا اللبن والشاي معا فان جزيئات أحد السائلين تتخلل جزيئات السائل الآخر بسرعة ، ويمكن أن يوضح بتجربة بسيطة أن جزيئات السائل تستطيع التنقل من تلقاء نفسها ، فاذا كان لدينا وعاء زجاجي مملوء ببعضه بمحلول كبريتات النحاس ، المعروف بالزاج الأزرق وصببنا برفق مقدارا من الماء في الوعاء على سطح هذا السائل الأزرق ، فاننا نرى في مبدأ الأمر أن السائلين منفصلان انفصالا تاما ثم لا نلبث أن نرى جزيئات كبريتات النحاس آخذة في الصعود بالتدرج ، ضد قوة الجاذبية ، واذا تركت مدة كبيرة فاننا نلاحظ من اللون الحادث أن جزيئات الكبريتات المذكورة قد تخللت الماء بأجمعه . ظاهرة الانتشار هذه (Diffusion) تكون أشد وضوحا عند ما تكون الجزيئات قد تجاوزت المسافة اللازمة لجاذبها تماما ، كما هو الحال في الغاز ، فانه مهما صغر مقدار ما يطلق من الغاز في وعاء زجاجي مثلا ، فان الجزيئات الغازية تنتشر على عجل وتملأ جميع الفراغ الموجود ، واذا ترك محبس أنايبب الغاز مفتوحا وسمح للغاز بأن يتسرب في الغرفة فسرعان ما نشعر بوجود هذه الجزيئات وإن كنا على مسافة ما من صنبور الغاز ، اذ الجزيئات لا تستغرق وقتا طويلا في التسرب بين جزيئات الهواء ، ولذلك تدخل الخياشيم معه وتوقظ أعصاب الشم ، وهذه بتأثيرها في المخ تحدث احساس الشم .

الى هنا تناولنا ثلاث حالات مختلفة للسادة : الصلابة ، والسيولة ، والغازية . وسنتناول بالبحث في الباب الثاني ما سماه البعض : الحالة الرابعة للسادة .

الباب الثالث

المادة التي تتكون منها الذرات

فكرة الذرات قديمة جدا — هل عندنا بينات على أن هناك جسيمات أصغر من الذرات ؟ — وزن الأشياء غير المنظورة — كيف أمكن استكشاف هذه الجسيمات الصغرى — بعض تجارب كهربائية ممتعة — فرض وجود حالة رابعة للسادة — (الكهرب) الاليكترون — ما ذا استكشفنا من أمر الاليكترون — انها تمر في فلز صلب — العلاقة البسيطة بين الطاقة والسرعة والكتلة — ماهية الكهرباء — (الكهرب) الاليكترون .

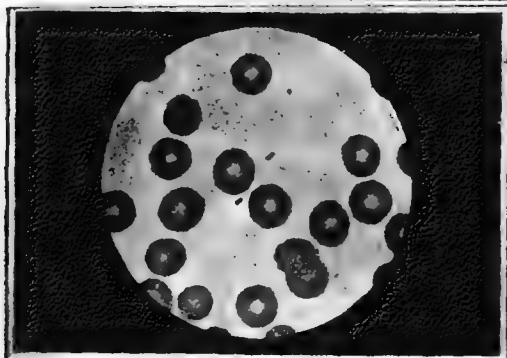
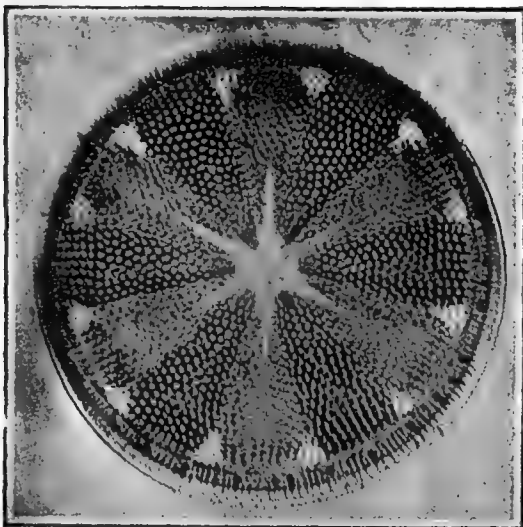
رأينا حين بدأنا كتلة من المادة الصلبة مكونة من جسيمات منعزلة بعضها عن بعض تسعى الجزئيات ، وأن هذه الجزئيات غير المنظورة مؤلفة من ذرات أولية أصغر منها قد اتحدت بعضها ببعض اتحادا كهربائيا فكونت الجزئيات . وسؤالنا التالى هو :
مم تتألف الذرات ؟

قد يقول انسان اذا هو لم يعط الموضوع حقه من التفكير ، إنها متألفة من الذهب أو الحديد أو الإيدروجين وهلم جرا ، ذا كرا كل المواد الأولية المعروفة فى عالم الكيمياء ، ولكن هذا لا يفيدنا شيئا عن طبيعة الذرات ، فما هذه الا أسماء سمينا بها بعض أشكال المادة التى نجد أننا لا نستطيع تحليلها الى أى مواد أخرى بالطريقة التى نحلل بها المركبات العديدة المعروفة . اننا نسمى الفلز الأصفر الزاهى الذى تشتد الرغبة فى طلبه ، بالذهب ولكن الاسم المطلق على هذه الكتلة من المادة ، أى هذا المجموع من الذرات ، لا يدلنا على تشریح ذراتها .

ولقد عرفنا أن الذهب الصلب مسامح ، وهذه حقيقة يمكن اثباتها بوضع قطعة من الذهب في حمام زئبق . هنا نجد جسيمات الزئبق تتدخل ما بين جسيمات الذهب . وبذلك يزيد ثقل الذهب زيادة محسوسة ، ومع ذلك لا يزيد حجمه . وعرفنا أيضا أن درجة حرارة الذهب تتوقف على مقدار السرعة التي تهتز بها جزيئاته ، وزيادة على ذلك فإن كلا من هذه الجزيئات المهتزة مركب من عدة جسيمات أصغر حجما ، تسمى الذرات ، والآن نريد أن نعرف مم تتكون هذه الذرات ؟

لم نستطع أن نكون رأيا وجيها عن تركيب الذرة الا منذ عهد قريب ، اذ أن اعتبار المادة بأجمعها متألفة من ذرات فكرة قديمة جدا ، وزيادة في الدقة نقول : ان تلك الفكرة كانت معروفة منذ ألفي سنة على أقل تقدير ، ولكن رجال المدرسة القديمة ، أى القائلين بهذا القول كانوا يعتقدون أن هذه الذرات "صلبة وخالدة" ، وأنها "أصغر الأجسام الموجودة في الطبيعة" أما اليوم وقد تقدمت العلوم فاننا نعرف أن الذرات ليست أصغر الأجسام ، وعندنا من البيانات ما يثبت أنها ليست صلبة ولا خالدة وصرنا أقدر على ادراك معنى ما يرد في الكتب المقدسة من أن مصير السموات والأرض الى زوال .

ولكن هل القول بأن الذرات ليست أصغر الجسيمات الموجودة في الطبيعة ليس الا مجرد تخمين منا ؟ كلا ، ان هذه الفكرة لا تقوم على النظريات البحتة بل على حقائق مشاهدة ، اذ نستطيع أن نثبت بالتجربة المباشرة أن هناك جسيمات أصغر من الذرات . وقد يلوح للقارئ أن من المضحك أن يقال اننا نستطيع أن نثبت على وجه التحديد وجود مثل هذه الجسيمات الصغيرة جدا ، في حين أن



أشياء غير منظورة : يكاد الله ياتوم في الصورة العليا (أ) يكون غير منظورة بل يستحيل رؤيته على الأطباق في وقت تناول طعام الاضطار، ولن يصيب الانسان شيء من أن يستقر في الجوف . ومع ذلك فإن الميكروسكوب تبدي الشيء الكثير من التفاصيل التي يشتمل عليها مثل هذا الشيء الصغير وترى في الصورة السفلى (ب) بعض كرى دموية أما التكت التي بالقرب من الوسط فهي تكثير بآء . وجميع هذه الأشياء نستعصى رؤيتها على العين المجردة .

الجزيئات والذرات التي تعد مرده بالقياس اليها بعيدة عن مثال أقوى المجاهر بعدا مؤثسا ، ولن نقل دهشته حين يعلم أننا نستطيع أن نقيس وزن هذه الجسيمات التي تتجاوز مدى المجهر ، كما نقيس وزن دنيانا وسياراتها المجاورة .

وربما كان في إيراد تشبيه تقريبي بعض الفائدة في مبدأ الأمر .
 اننا لا نستطيع أن نرى رصاصة البندقية وهي مارقة في الهواء .
 ولكنا اذا وضعنا في سبيلها عائقا ندرك وجودها على الفور . ويمكننا أن نعين مقدار سرعة الرصاصة دون أن نراها بتاتا . وقد أمكن قياس سرعة المقذوفات بواسطة آلة تسمى الكرونوجراف أى راسم الوقت (Chronograph) وكثيرا ما يستعمل هذا الجهاز في المراسد لتدوين اللحظة الحقيقية التي تحدث فيها أى ظاهرة مشاهدة ، وذلك أنه في اللحظة التي يرى فيها الراصد نجما يمر على خط دقيق في عينية المرقب يضغط بيده على زر كهربائي ويقوم الكرونوجراف الذي وضعه على مسافة معينة بتدوين الوقت الحقيقي الذي حدث فيه التماس . وقد لا يخلو من اللذة أن نعرف بهذه المناسبة أن الجهاز يتركب من أسطوانة كبيرة تدار بسرعة معينة ، بما يشبه جهاز الساعة ، ويمر قلم ببطء على طول الاسطوانة مثل ما تمر ابرة البوق فوق اسطوانة الحاكي (الفونوغراف) وفي آخر كل ثانية يلمس القلم ورقة ملفوفة على الاسطوانة ويخط نقطة ، وبذا تقسم الورقة الى ثوان ، كما أن القلم يكون من جهة أخرى تحت تصرف الراصد وهو على بعد منه ، فانه عند ما يضغط على الزر يخط القلم نقطة أخرى . ولا يدل الموقع الحقيقي للنقطة على الثانية المعينة من الزمن وحدها ، بل على جزء من ألف جزء من الثانية ، الذي رسمت خلاله النقطة . ولتدوين سرعة مقذوف منطلق يقام حائلان على بعد بينهما وعند ما تمر الرصاصة المنطلقة بهذين تحداث تماسا كهربائيا عند

كل حائل وتدفع الكرونوغراف الى تدوين الوقت الحقيقى الذى مررت فيه بكل من هاتين النقطتين ، وبهذه الطريقة تحسب سرعة مرور الرصاصة . ولا يحسن أحد أننا ستعتمد بعد هذا الى تناول الجسيمات التى تتكوّن منها الذرات بمثل الطريقة عينها . بل إننا سقنا هذا التشبيه التقريبي لنرى كيف يمكن الحصول على معلومات صحيحة عن شيء غير منظور .

نريد أولاً أن نعلم كيف أمكن استكشاف هذه الجسيمات غير المنظورة، التى تتألف منها الذرة؟ إن حكايتها لعجيبة : فقد عرف من زمن بعيد أن الشرارة الكهربائية تمر فى وعاء أو أنبوبة خلخل هواؤها (Rarefied)، بسهولة أكثر من مرورها فى الهواء الأكتف الذى يكون ضغطه اعتيادياً. ومن أسهل الطرق لبيان ذلك عملياً أن نوصل "بيضة كهربائية" بمفرغة هواء (كما ترى فى الصورة المقابلة لصفحة ٥٩) وأنما سمي ذلك الوعاء الزجاجى بيضة لأنه شبيه بها فى الشكل. وهى مجهزة بساقيّن من الشبه النحاس الأصفر أحدهما مثبت فى قاعدة البيضة، أما الثانى فيترلق فى ممر فى أعلاها لا ينفذ منه الهواء، والوعاء بأجمعه لا ينفذ اليه الهواء وبه منفذ فى القاعدة يمكن وصله بمفرغة الهواء، وإذا ما وصلنا بالأسلاك بين ساقى الشبه وطرفى ملف استحداث (Induction Coil) متصل ببطارية أمكن إمرار شرارات كهربائية بين ساقى الشبه الموجودين داخل البيضة ، ثم نبعد بين الساقين تدريجاً حتى يبطل ظهور الشرر بسبب وجود المسافة الهوائية المعارضة التى تقاوم التفريغ (Discharge) مقاومة عظيمة .

فإذا ما فرغنا قليلاً من الهواء نرى أن الشرر أخذ يعود الى الظهور فيبدل بذلك على أن الهواء الأرق قواماً أى أكثر تخلخلًا أجود توصيلاً للكهربائية، وإذا استمررنا فى تفريغ الهواء نلاحظ أن الشرر يتحوّل الى تيار صامت أو خيط من الضوء . وكلما زاد الفراغ

أصبحت البيضة وضاءة بتوهج ، وبعد ذلك بقليل ينقسم الضوء الى عدد من الأقراص أو الشرائح الأفقية الضيقة ، وهنا نجد أن الهواء قد أصبح من التخلخل بحيث يتخطى حدود خواص التوصيل الكهربائى الجيد ، ونحتاج الى أن نستخدم مقدارا عظيما من الضغط الكهربائى لاجداث تفريغ كهربائى خلال هذا الفراغ الشديد .

وكما زادت درجة التخلخل أخذنا نشاهد عددا من الظواهر الطبيعية الرائعة . ويجدر بهذه المناسبة أن نذكر أن المفرغة الهوائية الآلية العادية كالموضحة فى الصورة لا تستطيع أن تحدث فراغا عظيما يصلح للحصول على كل هذه الظواهر ، ولذلك يجب اتخاذ وسيلة أخرى كاستخدام مفرغة الهواء الزئبقية . وعلى كل حال فان ما نريد ملاحظته الآن هو أنه عند ما يبلغ التخلخل حدا معينا فان الوهج يختفى من داخل البيضة ويفشاها جميعها ظلام قائم لولا أن جدران الوعاء الزجاجى تأخذ فى الاضاءة بتألق فوسفورى ضارب الى الخضرة عند ما يبلغ التخلخل تلك الدرجة العالية . ويختلف لون هذا التألق "الفوسفورى التفسفر" باختلاف مواد الزجاج المكونة له . ولكن ما هذا الذى يدعو الزجاج الى التألق (التفسفر) ؟ .

قد صوّر سىرويليم كروكس اللندنى (Sir William Crookes) الذى قام بكثير من الأعمال فى ارتياد هذا الفرع من العلوم — تيارا من الجسيمات المضئية كأنها منطلقة ، من الطرف الكاثودى "المهبط" (Cathode terminal) أى القطب السالب ، كخصائص البنادق . وهذه الرصاصات غير المنظورة تصدم جدران الزجاجاة للآنبوبة وتحملها على التألق الفوسفورى . واذا لم يكن الهواء جميعه قد فرغ تقريبا فان ما بقى من جزيئاته يتألق صدمات ذلك الرصاص فينير ويحدث الوهج الذى ملا البيضة الكهربائية فى مبدأ الأمر ، والذى

يمكن أن يرى في الفراغ العادى ، أى فى أنابيب جيسلر (Geissler tubes) .

وقد ارتأى كروكس أننا هنا أمام حالة رابعة للمادة ، وبعبارة أخرى ، أننا نأخذ الآن نعرف ثلاث حالات للمادة : الصلابة والسيولة والغازية ، وفى حالة الصلابة رأينا جزيئات المادة ممسكة بعضها ببعض إمساكا شديدا جدا ، وفى حالة السيولة رأينا أنها قد فقدت هذا الى درجة كبيرة وازداد بذلك ما بينها من المسافة وأصبحت حرة فى التجول فيما بينها ، وفى حالة الغازية رأينا الجزيئات أكثر اقترافا وجميعها فى تحرك يصطدم بعضها ببعض وتبدو فى الظاهر متنافرة ، وفى الحالة الرابعة المستكشفة حديثا يرى كروكس أن الجزيئات "فى حالة بعيدة عن حالة الغازية بقدر بعد الغازية عن السيولة" .

وقد وصف كروكس هذه الحالة بأنها "مادة مشعة" والواقع أنه فرض جرىء ، ولكننا سنرى فيما بعد أن حدسه قد بدا صوابه . على أن هذا رأى لم يقبل فى حينه . فقد كان الاعتقاد الشائع أن هذه الجسيمات الطائرة ليست إلا ذرات عادية من ذرات المادة ، أما اليوم فقد وزن علماء الفوسيقى^(١) (Physicist) هذه الجسيمات الطائرة ووجدوا أنها أصغر جدا من أصغر ذرة معروفة ، وهى ذرة الايدروجين ، وفى الوقت الذى وصل فيه سيروليم كروكس الى استكشافه المذكور كانت هذه الجسيمات الطائرة تسمى (أشعة المهبط) (Cathode) لأنها كانت تنطلق من المهبط^(٢) وبعد ذلك أطلق الدكتور

(١) الفوسيقى كلمة استعملها العرب تعرييا لكلمة Physics كما استعملوا كلمة Music وقد رأينا استعمالها للتفریق فى التعبيرين معنى كلمة Nature و Physics (المغرب)

(٢) المهبط (الكاثود) هو الاسم الذى يطلق على القطب السالب أى القطب الذى يخرج منه التيار فى الأنبوبة (المؤلف) .

جونستون ستونى (Dr. Johnstone Stoney) اسم اليكترونات (Electrons) أى كهارب على هذه الجسيمات ، أما الأستاذ تومسون (J.J. Thomson) الكبر دجى ، وقد قام بالكثير من البحث فى تركيب الذرة فهو يفضل أن يسميها كريات (Corpuscles) . على أن كلمة " كهرب " قد تكون أئين وأوضع لدى جمهور القراء فلا يخلطون بينها وبين غيرها من الألفاظ المستعملة ، فهم لهذا السبب أقدر على التفريق بين موضوع الكهرب وبين غيره من موضوعات المادة العادية . على أن كلمة كرية (Corpuscle) قد جرى استعمالها للدلالة على خلية حيوانية دقيقة ، ومع أنه لا يمكن أن يحدث بسببها خلط بين الكريات الدموية وبين هذه الجسيمات الطائرة فى أنبوبة الفراغ ، فهى أكثر إشعارا بالمادة العادية من كلمة الكهرب " الاليكترون " ، ولذلك فانى سأتمسك بكلمة الكهرب دائما .

وإذا نظرنا الى أنبوبة فراغ قد خلخل هواؤها لدرجة عظيمة وكان يمر بها شرر كهربائى فانتا لا نرى تيار الكهارب الطائرة لأنها غير منظورة بتاتا وانما نرى الزجاج وحده يتألق تألقا فوسفوريا بتأثير صدمات تلك الرصاصات غير المنظورة ، وإذا جعلنا المهبط السالب منبعجا على شكل الصحن فانتا نستطيع أن نركز شؤبوب الكهارب على بقعة واحدة على الزجاج ، وإذا فعلنا ذلك وجدنا أن مسيرها يكون دائما فى خط مستقيم . وهنا تعرض حقيقة قد تبدو غريبة جدا ، وهى أنه عندما يدنى مغناطيس من أنبوبة الفراغ نرى أن تيار الكهارب قد انحرف عن سيره المستقيم إذ أنها تقع على الزجاج أسفل موقعها الأول ، وكلما زادت قوة المغناطيس زاد انحراف الكهارب . كل هذا يلوح غريبا لدى القارئ الذى يكون قد تعلم فى صفه أن المغناطيس المتخذ للعب انما يجذب قطع الحديد والفولاذ دون سواهما . وقد أصبح أكثرنا اليوم

يعلم أن التيار الكهربائي ينحرف بواسطة المغناطيس . والواقع أن هذه القوة هي التي تدير عجلات ترامنا الكهربائي وجميع الآلات التي تساق بالكهرباء . هذا التيار الجارى من الكهارب في أنبوبة الفراغ ينحرف كذلك بواسطة المغناطيس ، ومن ذلك يتضح أن الكهارب المتحركة تسلك مسلك التيار الكهربائي بالضبط .

وطبيعى أن نظن أن هذه الكهارب الطائرة هي جسيمات مكهربة تكهربا سالباً لأنها تندفع أى تتنافر من المهبط ، أى القطب السالب ويمكن بيان هذه الحقيقة عملياً بطرق عدة قد يكون من أبسطها مراقبة الاتجاه الذى تنحرف صوبه هذه الكهارب بتأثير مغناطيسى .

قد يشق على الانسان أن يعد كل ما يمر بمصرف انجلترا من الجنيات . والواقع أن موظفيه لا يكلفون أنفسهم عناء عد كل ألف منها وإنما يزنون مقدارا معلوما فيعرفون إذ ذاك كم لديهم من الجنيات في كفة الميزان . وعلى كل حال فان مهمة عد الجنيات فعلا في مصرف انجلترا لا تذكر بجانب القيام بعد ذرات الهباء غير المنظورة الموجودة في غرفة ما . على أن أحد المحجرين الحاذقين ، ألا وهو أيتكن (Aitken) من مولكرك باسكوتلندا استنبط طريقة لعد ذرات الهباء السابح في الهواء . وقد ضمنى الملحق رقم « ٤ » صفحة (٣٠٥) من هذا الكتاب وصفا لتجارب أيتكن المذكور ، إذ أن هذه تساعدنا على فهم مهمة أعظم خطرا من عد الهباء ألا وهى عد الكهارب ، وستقبل في الوقت الحاضر القول بأنه قد وجد من السهل عد الكهارب . أما أولئك الذين يرضون بتحمل مشقة تفاصيل الكيفية التى أمكن بها تحقيق هذا الأمر الذى يلوح مستحيلا فان لهم فى الملحق المشار اليه بيانا عاما .

وستتضح مما يلى أن امكان عدّ الكهارب من شأنه أن يساعدنا على اكتساب معلومات أخرى عن هذه الجسيمات غير المنظورة . مثال ذلك : أنه من السهل أن نعين بالتجربة كمية التكهرب الذى يحمله مقدار من الكهارب . ولأننا نستطيع أن نعرف عدد الكهارب يمكننا بعملية قسمة بسيطة أن نعرف كمية الكهرباء التى يحملها كل كهرب . وإذا سبق لنا أن رأينا أن الكهرب مشحون شحنا سالبا فانه يمكننا أن نعرف فوق هذا، كمية الكهرباء السالبة التى يحملها الكهرب .

ولا بد لنا أن نقنع هنا بالقول المجمل وترك التفاصيل حتى نتناوله فى الملحق .

وقد أجريت فى أول الأمر تجارب متقنة لتحين سرعة الكهارب الطائرة فى أنبوبة فراغ فتين أن تلك السرعة المختلفة كانت عظيمة جدا . ووجد بعد ذلك أنه بتعريض تيار الكهارب الى القوة المزيغة لمجال مغناطيسى معلوم ، وكذلك الى ما يحدثه تأثير مجال كهربائى من الانحراف فانه يمكن تعيين سرعة الجسيمات بطريقة أسهل . وقد اتفقت نتائج هذه التجارب هى والنتائج الحاصلة من الطرق الدقيقة فوجد أن سرعة هذه الكهارب الطائرة تختلف تحت تأثير بعض الظروف . فانه عند ما تقذف الكهارب من قطب الأنبوبة السالب بواسطة تفريغ كهربائى ، فن النتائج الطبيعية لذلك أن تكون سرعتها متوقفة الى حد ما على شدة التفريغ الكهربائى . وكذلك من السهل أن نتبين أن السرعة تتوقف أيضا على درجة الفراغ الحادث فى الأنبوبة ، فان جزيئات الهواء الباقية فى الأنبوبة تعترض الجسيمات الطائرة وتوقها . فاذا لم يكن التفريغ جيدا جدا أى لم يبلغ درجة عالية فان سرعة الكهارب قد تبلغ خمسة آلاف ميل فى الثانية . وهذه

سرعة هائلة إذا قيسَت بسرعة رصاصة البندقية التي لا تقطع سوى ثلث ميل في الثانية . على أن خمسة آلاف ميل في الثانية ليست بحال ما أقصى سرعة للكهرب فانه اذا هيء له طريق خال على صورة فراغ على الدرجة ، ودفع بقوة كهربائية عظيمة فانه يطير عبر أنبوبة الفراغ بسرعة ستين ألف ميل في الثانية، أو بما يعادل ثلث سرعة الضوء تقريبا . ومن الصعب ادراك معنى هذه السرعة . ولكن يمكننا أن نتصورها معادلة عبور المحيط الانطلا نطيق ثلاثين مرة في ثانية واحدة أو من الأرض الى القمر في أقل من أربع ثوان ، ولكن لا يجوز أن نتصور أن في الامكان اطلاق الكهارب عبر الانطلا نطيق ، اذ يجب علينا أن نهى مسافة خالية ، وفراغا جيدا ، لكي تبلغ هذه الدرجات العالية من السرعة .

كل تقدّم يدعو الى السؤال الآتى : هل يمكن جعل الكهارب تطير في الهواء ؟ وظاهر أنه لا يمكننا أن نحدث تيارا من هذه الكهارب بتاتا ما لم يكن عندنا فراغ جيد نوعا . اذ لم يمكن أن يتحوّل الشرر في البيضة الكهربائية الى خيط مؤتلق ثم ينقلب في النهاية الى تيار غير منظور من أشعة المهبط أو بعبارة أخرى الى كهارب طائرة ، الا بعد أن فرغنا مقدارا من هوائها . إننا نتصور قطب المهبط قاذفا بالكهارب بسرعة عظيمة ولكن لا ثابت أن تقفها الجدران الزجاجية من الأنبوبة . أفلا نستطيع أن نعمل نافذة يمكن أن يستمر انطلاق الكهربات منها في الهواء ؟ لا يدهشنى أن يجيب بعضهم عن ذلك بقوله إن هذا الأمر مستحيل ، لأن كل نافذة تسمح بخروج الكهارب لاشك تسمح للهواء بالدخول في الأنبوبة ، وعليه ينتفى وجود الفراغ اللازم . والحجة في ظاهرها وجيهة ، لكن الواقع يدحضها ، فقد نجح الأستاذ لينارد الألماني (Lenard) في صنع زجاجة فراغ ذات نافذة ، أى

فتحة ، لاتسمح بدخول الهواء في الزجاجاة ومع ذلك تسمح بانطلاق الكهارب منها . واذا حكمنا بالظواهر كانت هذه النافذة شبيهة بالمصراع ، وقد صنعها من صفيحة رقيقة من الألومنيوم فلما بلغت الكهارب الطائرة هذه النافذة الفلزية الصلبة لم تقف بل اخترقتها . وكيف علم الأستاذ أن الكهارب تسربت وهي غير منظورة ؟ الجواب عن ذلك انه وان كان الأستاذ لم ير الجسيمات الطائرة فانه رأى خط سيرها في الهواء الطلق ، لأنها لم تكد تخرج من تلك النافذة حتى اعترضتها حوائل شديدة من الهواء المحيط ، وذلك أن جزيئات الغازات المكونة للهواء كانت اذذاك معرضة لصدمات هذا الرصاص الخفي ، وحدث أثر ذلك نوع ضعيف من التآلق الفوسفوري شبيه الى حد ما بما يحدث في أنبوبة جسر المعتادة . وذلك الأثر المرئى قليل ولا يمكن أن يرى الا في الظلام ولا يكون الا بجوار نافذة الألومنيوم مباشرة . واذا كانت الكهارب عند مغادرة النافذة المذكورة تدخل أنبوبة فراغ ثانية فانها تحدث وهجا ظاهرا جدا ، ومع ذلك فان وجودها في الهواء الطلق يمكن تيننه بواسطة حاجز يمكن أن يتألق تألقا فسفوريا . وطيران الكهارب في الهواء الطلق سريع الانتهاء ، فانها لا تستطيع أن تتخطى الى ما وراء بوصة واحدة من الأنبوبة . فماذا ينتهى اليه أمرها ؟ أهى تسقط كما يسقط الرصاص المنطلق من البندقية ؟ المعروف أنها بمجرد خروجها تتصل بذرات الهواء الغازية ، وبالاختصار يمتصها الجو .

وعند ما تتسرب هذه الكهارب الطائرة الى الهواء تسمى "أشعة لينارد" (Lenard Rays) نسبة الى ذلك المحرب الماهر الذى وفق لاستنباط طريقة خلاص هذه الجسيمات المحبوسة . ولا بد أن يفهم على كل حال أنها فى الحقيقة هى نفس أشعة المهبط أو تيار الكهارب الموجود داخل الأنبوبة . والواقع أن "لينارد" نفسه اعتقد أن تيار المهبط

كان مجرد مجرى من الأمواج أو الاهتزازات الأثيرية . ولما أجرى الأستاذ تشوستر (Schuster) بعض عمليات حسابية أعطت برهانا قاطعا على أن تيار المهبط وأشعة لينارد متكوّنة من جسيمات ، بدت الفكرة في أول الأمر مضحكة ، ومضت بضع سنين قبل أن يرى لينارد وجه الصواب في قول تشوستر (Schuster) ولما اقنع علماء الطبيعة بأن أشعة المهبط تيار من الجسيمات علقت على تجربة الأستاذ لينارد أهمية كبيرة جدا فقد كان مدهشا أن هذه الجسيمات تستطيع المرور خلال صفيحة صلبة من رقائق المعدن لا يمكن أن تمر منها ذرات الغاز المشتعل عليها الهواء ، ولاح من ذلك ما يدل على أن هذه الجسيمات مفرطة في الصغر . إن أصغر ذرة هي ذرة الايدروجين ، الذي هو أخف مادة معروفة ، مع ذلك لا يستطيع هذا الغاز أن يمر من نافذة الألومينيوم .

رأينا أن سرعة الكهارب الطائرة قد أمكن تعيينها . وقد يلد القارئ أن يعرف أنه قد أمكن أيضا تعيين كتلة الكهرب وكذا الطاقة التي يبذلها الجسيم الطائر كما سيتبين ذلك في الملحق الرابع . وقد وصلت بنا هذه العوامل الثلاثة الى استكشاف مهم .

قد لا يرى بعض القراء العلاقة بين الطاقة والسرعة والكتلة بجلاء ولكن ايراد مثال تقريبي في هذا الصدد من شأنه ان يوضح الموضوع . ان دق مسمار في كتلة من الخشب يتطلب مقدارا من الطاقة واذا اختار النجار قدوما خفيفة فلا بد له أن يزلها بسرعة كبيرة على رأس المسمار . ففي هذه الحالة لدينا كتلة صغيرة (وهي القدوم) متحركة بسرعة كبيرة نسبيا .

أما اذا استعمل النجار قدوما ثقيلة فانه يجد أنه يكفي استعمال سرعة بطيئة نسبيا لادخال المسمار . ومن ذلك يتضح أن العمل الذي

يمكن أن يتم بواسطة كتلة صغيرة متحركة بسرعة كبيرة يمكن اتمامه نفسه بواسطة كتلة كبيرة متحركة بسرعة أقل .

انى لم أدخل في تقديرى هذا ما يفقد من الطاقة ، وهو مختلف في الحالتين : فالعوامل الثلاثة التي تدخل في تقديرنا هي : مقدار الطاقة اللازمة ، والسرعة ، والكتلة . وسيتضح أنه اذا عرف عاملان فالثالث يمكن ايجاده بالحساب .

وقد جئنا في فقرة سابقة على ذكر الشحنة الكهربية للكهرباء ، فما علاقة هذا بالموضوع الذي نحن بصدده ؟ إن له معنى محدودا جدا : أثبتت الرياضيون بجلاء أن القصور الذاتي للكهرب الطائر يرجع كله الى شحنته الكهربية ، والواقع أنه لا يوجد كهرب منفصل عن الشحنة الكهربية ، وهذه في الحقيقة فكرة غريبة وصعبة الادراك لأول وهلة ، فليس الكهرب شيئا أكثر أو أقل من " شحنة كهربية في حالة حركة " . هو وحدة أو ذرة من الكهربية السالبة .

ويستحيل بالضرورة أن نكون فكرة عن الحرم الحقيقي للكهرب فاذا قلنا إنه واحد على ألف وثمانمائة من كتلة ذرة الايدروجين لم يساعدنا هذا كثيرا إذ أنه لاصورة في أذهاننا لحرم ذرة الايدروجين . واذا قلنا إن الأمر يحتاج الى فرقة من الكهرباء عدد أفرادها مائة ألف لتكوين قطر جزئىء من المادة العادية فلن يدلنا هذا على أكثر من النسبة بين اجرام هذه الأجسام التي تتجاوز مدى المجاهر . وقد اقترح سير أوليفر لودج (Oliver Lodge) القياس التمثيلي الآتي ليساعدنا على ادراك حجم هذه الكهرباء بالنسبة للذرات التي تحويها .

تصوّر كنيسة طولها ١٦٠ قدما وعرضها ٨٠ قدما ، وارتفاعها ٤٠ قدما ، وتصوّر أن الفضاء الذى يتضمنه هذا البناء يمثل ذرة من المادة ، فاذا نظرنا الى هذه الذرة المكبرة تكبيرا مفرطا فانه يستعصى علينا مع ذلك أن نرى ما تحتويه هذه الذرة من الكهارب . فكل كهرب لا يكون اذ ذاك أكبر من نقطة . ومع ذلك فسنبقى أن هذه الكهارب هى المادة التى تتكوّن منها الذرات .

الباب الرابع

تركيب الذرة

الكهارب التي في باطن الذرة — بعض أقيسة تمثيلية — نظام شمسي مصغر —
 الأنواع المختلفة للذرات — صورة للذرة — تجارب ممتعة باستعمال المغناطيس العائم —
 الطوائف العائلية للذرات — سلام نيولاندز — القانون الدوري — تنوُّجى —
 الموجب التكهرب والسالب التكهرب — قياس تمثيلي — الذرات في حالة تشارك —
 المادة والكهربائية .

نريد أن نرسم صورة مقبولة للذرة التي تتألف من الكهارب
 المتناهية في الصغر :

من الواضح أنه اذا كانت الذرة متركبة من الكهارب بنفس
 الطريقة التي يتركب بها الجدار بالآجر، فلا بد لها من مقدار عظيم
 جدا من الحصى والأسمنت اللاحم ليملا المسافات التي بين الكهارب .
 تصوّر الكنيسة التي ضربها سير أوليفر لودج مثلا كما هي موصوفة
 في ختام الباب السابق، وحاول أن تتصوّر بضع مئات من النقط
 الصغيرة مثورة في داخلها جميعه تجد أن سيكون بين النقطة والنقطة
 منها مسافة مائة قدم تقريبا . ولكن ليس لنا أن نتصوّر الكهارب
 مثبتة في الذرة كما يثبت الزبيب في الكعك .

اعتاد بعضنا أيام الدراسة أن يلعب لعبة يتقسم فيها الصبية
 فريقين: أحدهما يحتل مكانا مرتفعا ويعمل على حمايته من هجمات
 الفريق الثاني . وظاهر أنه اذا لم يكن عندنا اذ ذاك من الصبية
 العدد الكافي لتقيم من مرصوصهم جدارا واقيا محكما حول القلعة،
 فلا بد لنا من مراقبة الهجمات على جهات مختلفة مراقبة جيدة،
 وهنا محل اللعب والمسرة . فقد كان كل صبي يبذل جهده للحفاظة

على جزء معين وما كان بالمستطاع أن يرجى دفع العدو إلا بالجرى هنا وهناك . وبعبارة أخرى إن الصبي الواحد كان يمكنه باستمراره على الحركة أن يقوم بالعمل الذي كان يعمل به عديد من الصبية موضوعين في مراكر ثابتة ، فإذا كانت الفرقة المدافعة ناجحة كانت البقعة المحمية أشبه في منعها بمربع صلب من الصبية المرصوصين ، وكذلك تصوّر الكهارب تحمى الذرة بجريها من نقطة الى نقطة مع الفارق الآتى وهو أن الصبية كانوا ينتقلون عند الدفاع في كل الاتجاهات كما يريدون أما الكهارب فانها تتحرك في مدارات منتظمة .

ولعلنا نوضح الموضوع تماما اذا ضربنا مثلا آخر: تصوّر طفلا يلعب بالطوق ، فظاهر أن الطفل كلما ضرب الطوق بعصاه فانه يجرى كما لو كان الطوق قرصا صلبا وزنه وزن الطوق . يقوم الطوق المحيط بحماية الفضاء المحصور . وتصور هذا الطوق معلقا في وضع أفقى ببعض خيوط غير منظورة ، فإذا ضربناه في أى جزء من محيطه فكأنما نضرب قرصا كبيرا صلبا . ولنفرض أن عندنا بدلا من الطوق المتصل مقدارا عديدا من الكرات الصغيرة مرصوفة على شكل دائرة ، وتاركة مسافات بين كل كرة وما يحاورها . قد نضرب بين الكرات فلا تكون هناك للكرة صلابة . ولكن دع دائرة الكرة تتحرك بسرعة عظيمة واضربها بعصاك ، اذ ذاك تجد أن العصا ترتد كأنما الدائرة جسم صلب . ومن الواضح أنه يجب أن تكون سرعة الدوران عظيمة ، ولكن ليس من الصعب أن تتصور أن من الممكن وضع الكرات على مسافات بعيدة بعضها عن بعض متى كانت السرعة عظيمة جدا ، واذا زيدت السرعة بحالة متناسبة فلا تزال نحس أثرا لجسم الصلب . وهذا يعطينا صورة تقريبية عن الذرات كما نعرفها اليوم . فما هى المجموعة من الكهارب تدور حول

نفسها بسرعة بالغة في مدارات منتظمة. ويمكننا الآن أن نرى كيف أن النقط المتثرة على مسافات بعيدة ، تستطيع أن تشغل جميع داخل الكنيسة الواردة في المثل المذكور .

ونرى أن ذرة اليوم هي في حقيقتها نظام شمسي مصغر . فلا حاجة بنا الى أن نتصورها كدائرة من الكهارب في مستوى واحد ، وإنما يفضل الرياضي هذا الترتيب لأنه يساعده على تناول الموضوع من وجهته الرياضية على أحسن حال ، وليستج منه عدة استنتاجات مهمة . بيد أننا لن نشغل أنفسنا بمسائل رياضية بل سنقنع بالتأثير التي استخرجها الثقات المشتغلون بالموضوع .

يكفي أن نتصور أن الذرة مجموع كبير من الكهارب تجري جميعها في مدارات منتظمة ، حلقة داخل حلقة ، وأنها جميعها تدور بسرعة عظيمة جدا . ويجب علينا أن نتذكر أن كل هذه الطاقة محبوسة داخل الذرة . فلا حاجة بنا بعد ذلك الى أن نحكم على الشيء كما يقول المثل الانجليزي بأنه ميت «موت مسمار الباب» وانمت كل ذرة من الذرات المكونة للمسامر بما شئت الا بالموت تعنى به أنها بلا حراك .

بيد أن لدينا أنواعا مختلفة من الذرات ، تلك التي تكون الذهب ، وتلك التي تكون أقذار شوارع مدننا ، فهل هذه الذرات جميعها متكونة من مادة واحدة ؟ نحن نعتقد ذلك . وسنأخذ الآن في بحث الوجوه التي يختلف فيها نوع من الذرات عن نوع آخر .

لقد صورنا حتى الآن جمعا من الكهارب أو الوحدات الكهربائية السالبة مجتمعة بعضها مع بعض لتكون الذرة . ولو كان هذا كل ما في الأمر لوجب أن تكون لدينا شحنة من الكهرباء السالبة متجمعة . وليس هذا وحده ، بل كان يجب أن تتنافر

هذه الوحدات الفردية من الكهربائية السالبة بعضها عن بعض . وعلى ذلك تبدد ذرتنا الخيالية . لا بد أن يكون في الذرة مقدار من الكهربائية الموجبة مساو لمقدار السالبة فيها ليحدث التعادل أو التوازن . على أننا لا نستطيع أن نتصور عددا مساويا من وحدات الكهرباء الموجبة أو على الأقل لم نشهد وجود مثل ذلك . لم نجد مطلقا كهربائية موجبة مستقلة عن ذرات المادة ، في حين أننا قد ألفنا وحدات الكهرباء السالبة الطائرة في الأنابيب المفرغة ، بل الواقع أننا نعرف من أمر هذه الكهارب أكثر مما نعرف من أمر ذرات المادة .

وبما أننا لا نجد وحدات من الكهرباء الموجبة مستقلة عن الذرة فقد ارتأى بعضهم في أول الأمر أن الكهارب المكونة للذرة قد تكون محتواة في كرة دقيقة من الكهرباء الموجبة . نعم قد تغيرت هذه الصورة ولكنها تعطينا نقطة صالحة للبداية . والرياضي مستعد لقبول هذه الفكرة بوصف كونها نظرية فرضية عملية ، لأنه يستطيع بواسطتها أن يستخرج نتائج مقبولة . والكهربائية الموجبة تجذب الكهاربات الى مركز الكرة ، في حين أن الكهارب يطرد بعضها بعضا وتميل بعملها هذا الى الخروج من نطاق الكرة . وبعبارة أخرى إن الكهارب تميل الى الطيران في مختلف الاتجاهات ولكن الكهربائية الموجبة ترجعها الى الوراء وعندئذ يحدث التعادل .

ولم يقتصر الأمر على أن الرياضيين تمكنوا من حساب أنواع شتى من ترتيبات الكهارب في انتظامها لاحداث ذرات ممكن وجودها ، بل تعداه الى أن المشتغلين بالتجارب قد استطاعوا أن يبينوا عمليا أنواعا شتى من الترتيبات بواسطة مغناطيسات صغيرة طافية أو بأجسام صغيرة مكهربة ساذجة على سطح الماء . وبأجراء مثل

هذه التجارب على عدد من الأجسام المختلفة تظهر أنواع شتى من الترتيبات، اذ تحدث أشكال مختلفة تبعا لعدد الأجسام التي استعملت في التجربة .

ويلد الانسان أن يتتبع بعض تجارب من هذا القبيل، واذا كانت لديه وسيلة صالحة لمغطة عدد من إبر الفولاذ مغطسة متساوية فان في قيامه هو نفسه بعمل هذه التجارب مرة أخرى ما يزيده استمتاعا، فبعد أن تمغطس الابر جميعها يغرز كل منها في قطعة فلين صغيرة حتى اذا عومت على الماء انقلبت الابرة الى أسفل وتدلّت في الماء رأسيا . ويلاحظ في غرز الابر أن تكون جميع أقطابها الجنوبية الى الأعلى واذا نحن ألقينا الآن عددا من الابر المذكورة في وعاء الماء لتمثل الكهارب في الذرة فان الابر بطبيعة الحال تتنافر وتحاول بالفعل أن تفر من الوعاء بسباحتها الى حافته كما هو مبين في القطعة الأولى من الصورة الفوتوغرافية المنشورة في أول الكتاب . وهذا بالضبط ما تفعله الكهارب في باطن الذرة ولما يصدها من شحنة الكهرباء المضادة، أي الموجبة، اذ تجرّها نحو المركز . ويمكننا بناء على هذا في تجاربنا أن نمثل هذه الشحنة الضابطة بوضع قطب واحد من مغناطيس فوق مركز الوعاء كما هو مبين في الصورة الثانية . واذا كنا قد ثبتنا الابر الصغيرة وأقطابها الجنوبية الى الأعلى فيجب أن نضع القطب الشمالي من المغناطيس الضابط فوق الوعاء اذ أن الأقطاب المتضادة تجذب بعضها بعضا واذا ألقيت ثلاث إبر في الماء فانها تنتظم ، بحيث تتكوّن منها الأركان الثلاثة لمثلث ، واذا كانت أربع إبر فنظمت نفسها في أربعة الأركان لمربع ، كما ترى في الصورة الثانية . كما أن خمس إبر تتكوّن نجسا . واذا ألقينا ابرة سادسة نرى ظاهرة تستوقف النظر : ذلك أن الابر الست لا تحاول أن تكون نفسها على شكل سدس، بل تذهب واحدة منها

الى المركز وتنظم الابر الخمس الأخرى نفسها على شكل خمس كما سبق . وإذا وضعنا ابرة سابعة بدت لنا ظاهرة أعجب : ذلك أن واحدة منها تذهب الى الوسط أما الست الباقية فتتنظم نفسها في حلقة على مسافة ما من الابر المركزية كما ترى في الصورة الثالثة . وإذا أخذنا نزيد ابرة بعد ابرة حدثت تغيرات عجيبة شتى . هذه اذن هى الانتظامات الثابتة أو ترتيبات التوازن، وهى تفيدنا فى تكوين صور مفيدة عن الانتظامات الممكن أن تكون عليها الكهارب فى الذرة. وقد حققت عدة تجارب عملت بهذه الطريقة الانتظامات التى أمتجتها التقديرات الرياضية البحتة .

وهناك نقطة أخرى عظيمة الأهمية فيما يختص بما وصل اليه الرياضى من التشكيلات الثابتة . فهو يجد أن كثيرا من الأشكال المختلفة الانتظام للكهارب متماثلة جدا بعضها مع بعض ، فنجد مثلا أن احدى ذراته المحتملة تتكوّن من كهرب واحد فى الوسط وست كهارب حوله كما فى الصورة الثالثة. وكلما أمعن فى تدوين جدول الانتظامات الثابتة المحتملة يجد شكلا آخر مماثلا تماما للشكل الذى سبق ذكره ، غير أنه يشتمل على حلقة اضافية مكونة من أحد عشر كهربا خارج الحلقة الأصلية كما ترى فى الصورة الرابعة، ثم بعد ذلك فى جدول حسابه يجد هذا الانتظام الكبير مضافة اليه حلقة أخرى من خمسة عشر كهربا وراء الحلقة السابقة. وإذا كانت الذرات الآن مبنية فعلا على هذه القاعدة فلا بد أن نتوقع وجود شيء من التماثل بين سلوك بعض الذرات المختلفة فى الطبيعة . ولا بد أن نجد بعض طوائف من الذرات ذات تشابه عائل. فتكون لها بناء على ذلك خواص متماثلة ، والواقع أننا نجد هذا فعلا فى الطبيعة، بل لقد أمكن ادراك هذه الحقيقة قبل محاولة تشرّيح الذرة بزمن بعيد .

عرفنا أيام المدرسة كيف أن البوتاسيوم Potassium والصوديوم Sodium متماثلان جدا . كلاهما فلز رخص يمكن قطعه بسهولة تامة بسلاح مبراة عادية وكلاهما ذو بريق لامع أشبه ببريق الفضة حين يقطع ولكنه يتكدر لونه على عجل أى يتأكسد، وكلاهما له الخاصية العجيبة، خاصة الاشتعال والالتهاب حين يلقى على سطح رطب . والبوتاسيوم أنشط الاثنين في هذا الصدد ، بل أنه ليشتعل إذا ألقى في حوض به ماء . أما الصوديوم فإنه في نفس هذه الظروف يحدث تحللا في الماء ويبعث حرارة بالغة ، ولكنه لا يشتعل . على أنه يشتعل فعلا إذا اكتفى بوضعه على سطح رطب . ويستطيع الكيميائى أن يجربنا أكثر من هذا عن الخواص المشتركة بين البوتاسيوم والصوديوم .

ويستطيع الكيميائى أن يدلنا أيضا على مادة أولية أخرى تسمى الليثيوم (Lithium) مظهرها أبيض فضى كالسابقين، وهى أيضا فلز رخص وإن لم يكن بدرجة الصوديوم أو البوتاسيوم . ولا نستطيع أن نجعل الليثيوم على الاشتعال إذا وضعناه على سطح رطب، ولكننا نجد أن له نفس خاصية تحليل الماء وتوليد الحرارة وإن لم يكن هذا بدرجة كافية يظهر منها الاحتراق الشديد الذى يبدو من رقيقه السالفين . هنا عندنا مجموعة عائلية من ثلاث مواد أولية ، على أن هذه الحالة ليست فريدة . فانا نجد أن جميع العناصر الأخرى يمكن تقسيمها الى مجموعات عائلية صغيرة بطريقة مماثلة . وأعجب ما يستوقف النظر في هذا الصدد أننا لا نحتاج فى انتقاء أعضاء كل مجموعة عائلية الى فحص خواصها فانا اذا عرفنا الوزن الذرى ^(١) لمختلف العناصر أمكننا أن نردها الى عائلاتها الخاصة .

(١) الأوزان الذرية هى النسب الوزنية التى تتحد بها العناصر المختلفة بعضها مع بعض . وقد اتخذت ذرة الايدروجين وحدة لأنه أخف العناصر المعروفة .

وفي سنة ١٨٦٣ ذكر جون نيولاندس (John Newlands) في خطاب أرسله الى المجلة الكيميائية (Chemical News) أنه اذا ترتبت العناصر بترتيب وزنها الذرى مبتدئين بالأعلى ونازلين الى الأدنى — مثل البيانو ، فان العناصر التى تكون تابعة لعائلة واحدة تحدث على فترات منتظمة من السلم . واذا تصوّرنا لوحة المفاتيح واتقننا المفتاح الذى يمثل البوتاسيوم نجد أن الصوديوم يكون على مسافة منه بمقدار سلم موسيقى ، واذا صعدنا درجات سلم آخر وصلنا الى الليثيوم ، واذا أخذنا السلم الذى دون البوتاسيوم وجدنا عنصر الروبيديوم (Rubidium) أولا على مسافة سلم ثم عنصر السيزيوم (Caesium) بعده بمقدار سلم . نعم ان الرجل العادى لا يعرف شيئا عن هاتين المادتين ولكنه يعرف من الكيمياء أن بينا وبين البوتاسيوم والصوديوم والليثيوم تشابها عائليا عجيبا .

وقد وجد أن أعضاء المجموعات العائلية الأخرى تشغل مثل تلك المراكز بعضها من بعض . ثم بعد ذلك اشتغل الكيمياء الروسى الشهير ، مندليف (Mendelèeff) وكذا الكيمياء الألمانى العظيم (Meyer) بصقل سلم نيولاندس هذه ووضع القانون الدورى (Periodic Law) المعروف على أثر ذلك .

ولا حاجة بنا هنا الى أن نفهم جميع ما يراى بالقانون الدورى ، فعنه بالاختصار أننا اذا عرفنا وزن ذرة من أى عنصر أمكننا أن نعرف خواصه ، ومع ذلك فمن المهم جدا أن نلاحظ أن مندليف ، وكان لديه من الايمان بصحة هذا القانون ما جعله يتنبأ بكل جراءة عن وجود ثلاثة عناصر أخرى لم تكن قد استكشفت بعد ، قد وجد ثلاثة أماكن خالية فى جدول الدورى لا بد من ملئها اذا كان القانون صحيحا . وقد أمكن أن يقول لنا من أى عائلة هذه

العناصر المفقودة . ولذلك تنبأ بجرأة عما سيكون لتلك العناصر من الخواص الكيميائية يوم يمكن استكشافها . ومما تلذ معرفته أن مندليف قد عاش حتى استكشفت العناصر الثلاثة المفقودة ويشاهد تحقيق نبوءته فقد ظهرت هذه المواد في عالم الوجود الواحدة بعد الأخرى ، وكان لكل منها عين الخواص التي قدّرها لها .

وهذا القانون الدورى وضع قبل أن يبدأ المشتغلون بالطبيعات في كبردج عملياتهم الحسابية الخاصة بالترتيبات المحتملة التي يمكن أن تكون عليها الكهارب في الذرات المختلفة . والآن يرى الأستاذ تومسون أن الوزن الذرى لأى عنصر متناسب مع عدد الكهارب التى تحتويها ذرته . على أنه يجب علينا أن نذكر أن كل مجموعة من عدد معلوم منها لها هيئة انتظام معينة . وليس هذا بحال من الأحوال مماثلا لأن نقول إن لدينا كيسا فيه سبع وستون كرة (بلية) وآخر فيه ثمان وستون . وفضلا عن هذا ، فإن بعض الكهارب ، (لا أكثر من ثمانية لطابق هذا قانون السلام الموسيقية) يظن أنها تكون حلقة خارجية ، فى حين أن البعض الآخر هو الكهارب المركزية ، تكون أشد توائما وتماسكا ، (انظر الشكل المبين صفحة ٥٠) .

وينبغنا الرياضى أن بعض الترتيبات ليست ثابتة جدا ، والواقع أن بعضها عند حد التقلقل تماما ، فمثلا يوجد ترتيب فى وسطه مقدار من الكهارب لا يكفى إلا لحفظ تماسك الحلقة الخارجية . فإذا اضطربت الحلقة الخارجية بأى مصدر خارجى فقد تعجز بعض كهارب الحلقة الخارجية عن الارتداد الى مراكزها الأصلية فإن الكهارب جميعها تدور بسرعة عظيمة ، بحيث أن أى واحدة تنحل من نظامها لا بد أن تشرذ عنه . وهذه الكهارب المنفصلة

تجسد على الفور مكانا جديدا في ذرة مجاورة يسمح نظامها بقبول أمثال هذه الكهارب بسهولة . وعليه تتصور وجود تبادل مستمر لعدد قليل من الكهارب القابلة للانفصال بين الذرات . وقد تكون أبسط خطة لنا أن نتصور هذه الكهربات القابلة للانفصال كأنها مذنبات واقعة خارج المدارات المنتظمة الثابتة . وسنرى فيما بعد على كل حال أن هناك أحوالا غير عادية من عدم الاتزان ، أى من التقلقل تشرذ الكهارب فيها عن المدارات المنتظمة وتنطلق في الهواء المحيط بسرعة عظيمة فتحدث بعض تلك الظواهر المعروفة عن الراديو على الأخص ، وفي هذه الحالة تكون الذرة في الحقيقة في حالة تفتت . وهذا أمر مخالف تمام المخالفة للتبادل الودى للكهارب القابلة للانفصال .

أى أثر يحدثه للذرة هذا التبادل الودى في بعض الكهارب القابلة للانفصال ؟ إن معناه أن الذرة عند ما تفقد كهرباء أو أكثر لا يكون لها بعد ذلك توازن كهربائى تام ، إذ يكون بعض شحناتها السالبة قد تسرب مع الكهارب الشاردة بينما تظل الكرة الكهربائية الموجبة ثابتة . فالذرة التى تكون قد فقدت بعض كهاربها تصبح بناء على ذلك جسما مشحونا بالكهربائية الموجبة ، إذ أن الشحنة الموجبة ترجح على الشحنة السالبة المتبقية . وقد يحدث في بعض الذرات أن تزيد هيئة انتظام الكهارب فيها ثباتا ، إذا زيد على مجموعتها كهرب واحد . وفي أحوال أخرى تكون إضافة كهريين اثنين مساعدة على زيادة الثبات ، وهلم جرا . والذرة التى بها ميل الى إضافة كهرب أو أكثر الى حزبها تسمى سالبة التكهرب إذ أن إضافة مثل هذه الكهارب من شأنه أن يعطيها شحنة سالبة.

ومن جهة أخرى فإن هناك هيئات أخرى للانتظام الذرى تكون أشد ثباتا حينما يؤخذ من الذرات كهرب أو أكثر. والذرة التى بها ميل الى فقدان كهرب أو أكثر تسمى موجبة التكهرب ، إذ أن فقدان مثل هذه الكهارب السالبة من شأنه أن يترك بها شحنة موجبة . ولكن لا بد لنا أن نذكر أن تبادل الكهارب التى نحن بصددّها لا يغير طبيعة الذرة . فذرة الايدروجين تكون دائما ذرة ايدروجين سواء ازدادت كهربايتها الموجبة أم نقصت . فلكى نغير طبيعة الذرة ونحوّل الرصاص الى ذهب مثلا يحتاج الحال ، لا الى تغيير فى عدد الكهارب وهيئة انتظامها وحدها بل وفى مركز الكهربية الموجبة . ولكنا لا نستطيع أن نحدث مثل هذه التحويلات إذ لا الكيماوى ولا الطبيعى بقادرين على أن يهدما هيئات الانتظام الذرى الثابتة . ولكن بين أيدينا أدلة على أن الطبيعة كيماوى صادق ، وعلى أنها دائبة على اجراء تحويلات فعلية كما نجعلها تمام الجهل حتى استكشفت ظاهرة "قوة الاشعاع" ولكنا سنتناول هذا بالبحث فيما بعد كما ذكرنا فيما سلف .

فى الباب السابق رأينا أن الاتحاد الكيماوى ليس إلا اتحادا كهربائيا وأن الذرة الايجابية الموجبة التكهرب ترتبط بذرة سالبة التكهرب . والآن نحن أقدر على إدراك السبب فى أن ذرة الأوكسيجين الواحدة الشديدة التكهرب السالب تستطيع أن تمسك بذرتين من الايدروجين ضعيفتى التكهرب الموجب ، فان الشحنة السالبة لذرة الأوكسيجين تتطلب الشحنة الموجبة لذرتى ايدروجين لاحداث توازن كهربائى ، وتكون نتيجة ذلك تكون جزيء متعادل من الماء .

وهناك طريقة أخرى للنظر في الموضوع ، وهي تصوّر ذرة الأوكسجين قادرة على قبول كهرين إضافيين عند ما تقرب كثيرا من أى ذرة أو ذرات قادرة على فقدان مثل هذه الكهارب . فذرة الايدروجين المفردة قادرة على فقد كهرب واحد . لكن ذرتين منه عاملتين معا تستطيعان أن تعطيا ذرة الأوكسجين كهرين اثنين . وعليه فان هذه الذرات الثلاث تصبح متحدة اتحادا كهربائيا أو كما نسميه أيضا اتحادا كيمياويا .

قد يعجب بعض القراء لماذا لا تبدو على كتلة ما من أى عنصر شحنة كهربائية ، وإذا كانت ذرات الايدروجين موجبة التكهرب فلماذا لا تبدو على مقدار من هذا الغاز شحنة موجبة ؟ اننا عندما نقول إن ذرات الايدروجين موجبة التكهرب فالذى نعنيه فى الحقيقة هو أنها قارة على فقدان كهرب واحد، ولذا تصبح موجبة التكهرب . أما اذا تركت على حالها فانها تكون متعادلة التكهرب .

لكن مجرد اقتراب ذرات الايدروجين من ذرات الأوكسجين اقترابا شديدا تعطى كل ذرتين من الايدروجين كهربيا لذرة أوكسجين واحدة ، وبذا يختل التوازن الكهربائى . وهذا التبادل فى الكهارب هو الذى يحدث الشحنة الكهربائية فى الذرات ويدعو الى جذب بعضها بعضا وتكوين جزيئات بسيطة أو مركبة . يتذكر القارئ فى أحد الأبواب السابقة ، عندما كنا نتكلم عن الاتحاد الكيميائى ، أننا توجسنا صعوبة فى قبول اعتبار أن الاتحاد مسبب عن تجاذب شحنتين متضادتين فى الذرات فان الذرات الموجبة التكهرب والذرات السالبة التكهرب لم تقتصر على الارتباط كما هو الحال فى ذرة الصوديوم الموجبة الكهربية فى اتحادها بذرة الكلور السالبة التكهرب لتكون تلك المادة النافعة التى نسميها



التنافر الكهربائي

إذا دلكت شراية من الخيوط الحريرية بكيس كاوتشوك مما يوضع فيه التسع أصبحت الخيوط الحريرية مكهربة تكهربا واحدا النوع ، ولذلك يرحل بعضها بعض كما يرى في الصورة القوتوغرافية الأعلى . وهي في هذه الحالة تجذب إليها أي جسم غير مكهرب ، ولذلك فانك ترى أن الخيوط القريبة من العمود المعدني عالقة به .

ملح الطعام ، بل إن الذرة أحيانا تسلك كأنما هي موجبة التكهرب وأحيانا أخرى كأنما هي سالبة التكهرب . مثال ذلك : المركب المعروف بغاز المستنقعات (MarshGas) فإنه مركب من ذرة من الكربون وأربع ذرات من الهيدروجين وكلاهما موجب التكهرب بالنسبة للأوكسجين . ولذلك يجب علينا أن نفهم أن الاصطلاحين ، موجب التكهرب وسالب التكهرب ، ليسا إلا نسبيين ، فقد يكون الكربون موجب التكهرب بالنسبة للأوكسجين ومع ذلك يكون سالب التكهرب بالنسبة للهيدروجين .

ومن الصعب إيجاد مثل قياسي لا يوضح الحقيقة السالفة الذكر . ولكن لعل مما يفيد أن نتصور الذرات مرتبة في سلم مدرج بحيث تستطيع كل ذرة أن تعطي بعض كهاربا بسهولة الى ذرة أخرى واقعة دونها في هذا السلم ، فتصور الذرة القادرة على قبول الكهارب سالبة التكهرب ، لأنها تشتمل اذ ذاك على مقدار زائد من الكهارب وأن الذرة الفاقدة للكهارب ذرة موجبة التكهرب لهذا السبب ، ثم تصور ذرة من نوع ما تعطي كهارب الى ذرة أخرى أدنى منها في السلم . ونقول إن الأولى موجبة التكهرب . ولكننا في الوقت نفسه نرى أن نفس هذه الذرة الموجبة التكهرب قادرة على قبول كهرب من ذرة أخرى أعلى منها في السلم ، وفي هذه الحالة لا تكون موجبة التكهرب بل تصبح سالبة التكهرب .

قد يفيد المثل القياسي الذي مرّ بك بعض الفائدة ، بيد أنه غير كامل فهو مثلا لا يتناول في حسابه كون ذرتين من عنصر واحد ، كالأوكسجين مثلا ، تتحدان بعضهما ببعض وتكونان جزيئي أوكسجين . فان من شأن ذلك المثل القياسي أن لا تعطي ذرة الى ذرة شيئا من الكهارب اذ أنهما في مستوى واحد بترتيب

السلم . على أن الفوسيقى قد يستطيع أن يورد أدلة على افتراض أنه إذا أصبحت ذرتان من عنصر واحد قريبة احدهما من الأخرى ، بحيث تستطيع الكهارب الدائرة في احدى الذرتين أن تؤثر في الكهارب الدائرة في الأخرى ، فان هناك تبادلًا في الكهارب يجعل احدى الذرتين سالبة التكهرب بالنسبة للأخرى . وبهذه الطريقة نستطيع فضلا عن ذلك أن نتصور ذرتين من الأوكسيجين متحدتين اتحادا كهربائيا لتكوّنا جزيئا من الأوكسيجين .

والآن قد استطعنا أن نكوّن صورة ذهنية عن بناء الذرة : فنرى الكهارب ، أى وحدات الكهربائية السالبة ، تدور بلا انقطاع في مدارات منتظمة بعضها في قلب مركزى وبعضها في حلقة خارجية ، إذ هناك توازن بين الكهارب والقلب الإيجابى ، ونتصور بعض هيئات انتظامية ثابتة ناشئة عن عدد الكهارب الداخلة في الذرة . هذه الهيئات الانتظامية المختلفة هى التى تعطينا مختلف خواص الذرات ، أو أنها بعبارة أخرى تكون مختلف الذرات الأولية . وقد سمينا احدى الهيئات الانتظامية ذرة الصوديوم . وإن نستطيع أن تؤمل أن نرى هذه الذرات حتى بأقوى المجاهر ولكن عند ما يجتمع حشد كبير جدا من الملايين من هذه الذرات معا نرى كتلة من المادة نسميها الصوديوم وهى فلز رخص له الخاصية المميزة وهى اشتعاله اذا هو وضع على سطح رطب كما سبق الذكر .

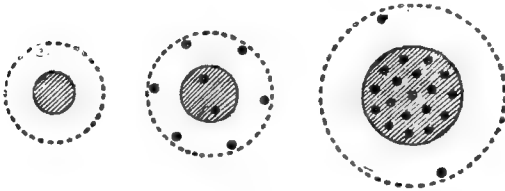
كما أنا نسمى هيئة انتظامية أخرى من الكهارب ذرة من الكلور ، وهى تختلف عن السابقة فى عدد الكهربات وفى الهيئة الانتظامية المرتبة على ذلك ، فان اجتماع حشد عظيم من ذرات هذا النوع يحدث غازا نسميه الكلور خواصه معروفة لكل من درس علم الكيمياء . ولكن مما يدهش أننا حين يكون عندنا حشد عظيم

من هاتين الذرتين نفسيهما : الكلور والصوديوم متحدين بعضهما ببعض أزواجا — لا يبقى عندنا غاز وفلز بل مادة مختلفة عنهما اختلافا كلياً هي ملح الطعام المعروف . قد يشعر الإنسان بميل إلى القول بأن الملح متكوّن من غاز وفلز ، ولكن ليس هذا الرأي في الحقيقة صحيحاً ، فإن الملح متكوّن من نوعين مختلفين من الذرات : واحد منهما يكون غازاً والآخر فلزاً . ولكن هذه الذرات نفسها التي تكوّن المادة ليست بغاز ولا فلز بل هي نظم دائرة من الكهارب متحدة مع كهربائية موجبة . وقصارى القول أن المادة جميعها سواء أكانت من الماس الثمين أم من الغاز المضئ متكوّنة من ذرات وأن هذه الذرات ليست الاكرات من الكهرباء الايجابية تدور في باطنها بلا انقطاع وحدات دقيقة من الكهرباء السالبة في مدارات محدودة . ولا تختلف الذرة عن الذرة الا في عدد وحداتها السالبة أى الكهارب وفي هيئة ترتيبها ^(١)

إذا كانت هذه النظرية الكهربائية صحيحة صح أن المادة جميعها متكوّنة من كهربائية . وقد سألتني أحد الغلمان : هل توجد فيه كهربائية ووطن أننى أمزح حين قلت له إنه متكوّن جميعه من كهربائية . نعم يجب علينا أن نضع نصب أعيننا أن المسألة ليست في حقيقتها الا نظرية ولكن فكرة أن الأرض تدور حول الشمس لم تكن في أول أمرها الا نظرية ثم وجدت حقائق عديدة جدا استقامت معها استقامة جعلت المفكرين يميلون الى القطع بأنها حقيقة ثابتة . ونظرية الكهارب تعززها حقائق عديدة ، فقد أمكن فصل الكهرباء فعلا عن الذرة كما رأيت في أنابيب كروكس الفراغية حيث استحدثنا تيارا حقيقيا من الكهارب الناعمة ، ولكننا لم نستطع أن نفصل

(١) لابد أن يخلف أيضا حجم الجزء المركزي للكهربائية الموجبة لموازنة عدد الكهارب .

الكهربائية الموجبة بالطريقة عينها . ولذلك يجب علينا أن نعتبر مسألة القلب المركزى للكهربائية الموجبة مسألة فرضية بحتة . ولا حاجة بنا الى تفسير معنى الرسم المرافق لهذا ، اذ أنه واضح من تلقاء نفسه .



رسم (ز) تركيب الذرات

هنا ذرة الايدروجين التي هي أخف الذرات المعروفة مصورة كأنها خالية من الكهارب في القلب الموجب ، ومشملة على كهرب واحد فقط في الحلقة الخارجية . وتقدر أن للأوكسيجين اثنين في القلب المركزى وستة في الحلقة الخارجية ، أما ذرة الكليسيوم وهي أثقل وزنا فتشتمل على ما لا يقل عن ثمانية عشر كهرباً في القلب الموجب واثنين في الحلقة الخارجية .

قارن هيئة ترتيب الكهارب الثمانية عشرة الموجودة في القلب المركزى بالرسم الرابع من الصورة الافتتاحية .

واذا كانت المادة متكونة بأجمعها من كهربائيتين : سالبة وموجبة كان سؤالنا الثانى هو : ما هى هذه الكهربائية ؟

الباب الخامس

ماهى الكهربائية ؟

طبيعة الكهربائية — فكرة فرانكلين الأصلية — ترك أفكار فرانكلين والرجوع إليها — الكهربائية الموجبة والسالبة — تخمين جاء عرضاً — ماذا يحدث عندما يدلك قضيب من الزجاج بقطعة من قاش الحرير — معنى التفريغ الكهربائى — ماذا يكون التيار الكهربائى ؟ — توضيح استكشاف فولتا الأصل — كيف يمر التيار خلال سلك ؟ — قياس تمثيل — سبب المقاومة الكهربائية — كيف يزيد الضغط الكهربائى — التيارات المنخفضة الضغط — الأجسام العازلة — خلاصة .

آراءنا اليوم فيما يختص بطبيعة الكهربائية مختلفة جداً باختلاف عما كانت عليه منذ سنين قلائل . قد يقول المراقب إن آراءنا فى هذا الصدد رجعية ، إذ الواقع أن تصوراتنا الحاضرة عن المسائل الكهربائية ليست بحال غير شبيهة بآراء بنيامين فرانكلين الأولى . ولعل أشهر ما عرف به فرانكلين لجمهور القراء تجاربه التاريخية لسحب الكهرباء من السحب الراجعة بواسطة طيارات اللعب ، بيد أنه معروف أنه كان سياسياً أكثر منه فيلسوفاً . ففى أوائل العهد بالكهربائية أى حوالى سنة ١٧٥٠ ارتأى فرانكلين أن الكهرباء سيال خفى يتخلل جميع المواد . فلم تقادم العهد أخذ العلميون يرون أن هذه الفكرة عن الكهرباء فكرة ممعنة فى المادية . وإذا راجع الانسان ما كتب عن الكهرباء ، ونشر فيما بين عهد نظرية فرانكلين وظهور نظرية الكهارج الحاضرة ، يجد أن الكتاب يعتبرون الكهرباء أشد وأبلغ خفاء فى طبيعتها مما كان يراه فرانكلين . والواقع أن الكتاب حاولوا أن يتجنبوا كلمة كهربائية بتأنا مفضلين أن يتكلموا عن مظاهرها : أى التيار الكهربائى والكهربية ، وهلم جرا . واليوم تردنا نظرية الكهارج الى آراء

أكثر مادية . فنشعر أننا ألفنا تماما الذرة ، أى وحدة الكهربية السالبة . وقد نتكلم عن ذرات الكهربية . ولكن لما كانت كلمة ذرة ذات معنى مادي معين متصل بها فإن كلمة وحدة تبدو أفضل منها . بل إن كلمة وحدة قد تحمل الى بعض الناس شيئا كثيرا من المعنى الرياضى البحت . ولذلك يسرنا أن نعلم بحدوث تسمية مرضية ، وهى أن وحدة الكهربية السالبة أصبحت تعرف باسم الكهرب (Electron) . أما فيما يختص بذرة الكهربية الموجبة ، أى وحدتها فانا أشد جهلا .

نرى اليوم فى نور ما لدينا من العلم أن نظرية السيل الواحد التى قال بها فرانكلين كانت فى الواقع تنبؤا باهرا . فقد قال فرانكلين « إن جسيمات هذا السيل ينفر بعضها من بعض » وهذا ما تفعله بالضبط كهارجها العصرية أى الجسيمات السالبة ، فهى تنفر بعضها من بعض لأن الكهريائيتين المتماثلتين تتنافران ، وقال فرانكلين : إن نوعى التكهرب اللذين شاهدهما ، أحدهما المنتج بواسطة قضيب زجاج والآخر بواسطة قضيب شمع الختم ، إنما حدثا بسبب زيادة السيل فى أحدهما ونقصه فى الآخر . من أجل هذا أدخلت فى الاستعمال كلمتا « موجب » و « سالب » وقد كان يزعم أن الجسم المشحون بكهربائية موجبة يشتمل على زيادة من السيل ، وأن الجسم المشحون بكهربائية سالبة نقص فى ذلك السيل . ومع أن نوعى التكهرب المختلفين يمكن أيضا حهما بإجراء تجارب بسيطة فانه لم يكن هناك ما يمكن الاستدلال به على أى الجسمين يشتمل على الزيادة وأيهما على النقصان . ولم يكن من سبيل الى معرفة هذا أو ذاك الا بالحدس والتخمين فأعطيت قضبان الزجاج مزية الاشتمال على مقدار زائد من جسيمات السيل اذا « أثبت » ولذلك قيل إنها مشحونة

كهربية موجبة، ولا نزال نقول عن قضيب الزجاج إنه موجب التكهرب اذا ذلك بقطعة من الحرير، ولكن لا نفرض أنه يشتمل على زيادة من الكهارب بل نتصور العكس على خط مستقيم، على أنا انما نحفظ بهذه التسمية القديمة لتجنب أى لبس يحدثه التغير. ويرى من الأبواب السابقة أن إدخال فكرة الكرة الثابتة من الكهربية الموجبة فى الذرة يمنع أى التباس حقيقى. فإن ذرات الزجاج تفقد مقداراً من الكهارب أثناء عملية ذلك، وبذلك تصبح الكرات الموجبة الثابتة راجحة، وهذه الفكرة تساعدنا فوق ذلك على اعتبار أن قضيب الزجاج موجب التكهرب. وحقيقة الأمر أن الجسم المشحون شحنة سلبية هو الذى تكون فيه زيادة من الكهارب، ولكن هذا أيضاً يلوح طبيعياً لأن اضافة شحنات سلبية صغيرة تجعل مجموع الشحنات السلبية أرجح من الشحنة الموجبة الثابتة.

وقد يلذنا أن نعمل صورة بيانية عما يحدث حين نذلك قضيباً من الزجاج بقطعة من الحرير. فبعض الكهارب يترك قضيب الزجاج، ويتعلق بالحرير. واذ يكتسب الحرير عدداً من الشحنات السلبية الصغيرة يصبح سالب التكهرب، فى حين أن ذرات قضيب الزجاج اذ تفقد هذه الوحدات السلبية بعينها تبدى رجحاناً فى شحناتها الايجابية. ولكن لماذا لم يكن سريان الكهارب عكس ما قد حصل؟ لماذا لم تذهب الكهارب من الحرير الى الزجاج؟ إننا اذا رجعنا الى المثل القياسى الذى أوردناه فى مختتم الباب السابق تصورنا أن الذرات الموجودة فى الزجاج أعلى درجة فى السلم وأنها قادرة على اعطاء كهارب الى الذرات الموجودة فى الحرير. ويحدث هذا عندما تكون الذرات شديدة التقارب أثناء عملية ذلك. ولكن اذا اخترنا مادة ذراتها أدنى فى السلم من ذرات الحرير، كأن

تكون مادة شمع الختم ، فاننا نستطيع أن نجعل الحرير يمد شمع الختم ببعض كهاربه . وفى هذه الحالة يصبح الحرير موجب التكهرب اذا أنه قد فقد بعض الكهارب .

وسيالاحظ القارئ أن الحالة الكهربية للحرير تتوقف تماما على نوع المادة التى تدلك به ، فمركزه نسبي مع سواء ولكن لا يجوز لنا أن نظن من هذا أن اصطلاحى التكهرب الايجابى والتكهرب السلبى هما حالتان نسييتان . بل يجب أن نوقر فى أذهاننا أن الجسم اذا كهرب إيجابيا فعناه أنه فقد كهارب ، واذا كهرب سلبيا فعناه أنه اكتسب كهارب . هذه حالات ثابتة وليست درجات لحالة واحدة . نعم ان لدينا درجات مختلفة من التكهرب الايجابى والتكهرب السلبى ولكن حالة الايجاب على تقيض حالة السلب تماما ففى احداها نقص فى الكهارب عن الحالة العادية للمادة وفى الأخرى زيادة فى الكهارب عن الحالة العادية للمادة ، وعندنا والحالة هذه صورة بيانية للحرير مكتسبا كهارب حين يدلك به قضيب الزجاج ، ومن جهة أخرى فاقد كاهارب عندما يدلك به شمع الختم ، وانى أشعر تماما بما يجده الرجل العادى من صعوبة فى لفظى تكهرب موجب وتكهرب سالب .

لما تناولت التطبيقات العلمية الكهربية فى مؤلفات سابقة وضعتها لجمهور القراء تجنبت استعمال هذه الألفاظ ولكن لا يخفى أنه عندما نتناول الكهربية باعتبارها علما يكون من الضرورة القصوى أن نتكلم عن الكهربائيتين السالبة والموجبة ما لم نرجع الى استعمال الاصطلاحين القديمين ، وهما الكهربية الزجاجية والراتنجية ، وأعتقد أن المرحوم لورد كلفن Kelvin كان يسره أن يرى هذه الألفاظ الاصطلاحية القديمة مستعملة لو كان ممكنا أن نحدث

مثل هذا التغيير العظيم . على أن تكرر استعمال كلمتي سالب وموجب
يبدد الابهام بتاتا وأتق أن معنى اللفظين سيقى واضحاً وضوحاً تاماً
بعد ما قيل فى هذا الباب وما سبقه من الأبواب .

ومما يلذ ، أن يكون الانسان صورة ذهنية محدودة عما نفى
بقولنا "تفريغ كهربائى" . ولعل أبسط طريقة لذلك هى أن نفكر
فى التفريغ الذى يحدث فى أنبوبة فراغ قد خلخل هواؤها لدرجة
عظيمة ، فهنا تنطلق الكهارب من المهبط أى الطرف المشحون
بالكهربائية السالبة ، وعليه فالتفريغ الكهربائى هو تفريغ
الكهارب . والعادة دائماً أن الجسم الذى يحمل زيادة من الكهارب ،
أى الجسم المشحون بالكهربائية السالبة هو الذى يفرغ الكهارب ،
والتفريغ يحدث فى الحقيقة من السالب الى الموجب .

يذكر القارئ أن تيار الكهارب الطائرة فى أنبوبة كروكس سلكت
بالضبط مسلك موصل يحمل تياراً من الكهرباء ، وقد انحرف
التيار بتأثير مغناطيسى عادى مثل ما ينحرف سلك يحمل تياراً كهربائياً
بتأثير مغناطيسى . فهل نفهم من هذا أن الكهارب المتحركة تكون
تياراً كهربائياً ؟ هذا ما نعتقده . نعتقد أن التيار الكهربائى ليس إلا
تيار كهارب .

ويمكننا أن نثبت بواسطة التجربة أن الكرات المتكهربة المتحركة
تحدث كل خواص التيار الكهربائى . ونعتقد أن التيارات
الكهربائية كلها هى كهارب فى حالة تحرك . فماذا يحدث إذن
عند ما يسيل تيار كهربائى فى سلك من نحاس ؟ لتصور ذرات النحاس
محتشدة لازماً بعضها مع بعض حتى لا نستطيع أن نضغط الفلز ضغطاً
محسوساً . واضح أنه كلما كانت الذرات أقرب بعضها الى بعض

كان أسهل على الذرة أن تعطى الى ما يحاورها من الذرات كهربا قابلا للانفصال . ولتصوّر كهارب هائمة في باطن الفلز ، فاذا كنا نستطيع أن نستعمل قوة خارجية ما لإحداث سيل كهارب في اتجاه واحد من ذرة الى ذرة حصلنا بذلك على تيار كهربائى . ولدينا عدة وسائل صالحة لدفع الكهارب الى الحركة وابقائها عليها . لقد مضى أكثر من قرن منذ استكشف الأستاذ فولتا (Volta) أحد أهالى بافيا (Pavia) بايطاليا أنه عند ما تمس قطعة من الخارصين قطعة أخرى من النحاس يصبح الخارصين موجب التكهرب لدرجة طفيفة جدا والنحاس سالب التكهرب في مقابل ذلك . وتعليل ذلك بما علمناه من نظرية الكهارب أنه عند ما يماس الخارصين والنحاس تنطلق بعض الكهارب من ذرات الخارصين وتحمل على ذرات النحاس . وقد نتصور أن هناك ميلا طبيعيا في ذرات الخارصين الى أن تعطى كهاربها الزائدة عن حاجتها الى ذرات النحاس ، ولكنها لا تفعل هذا حتى تقرب الذرات بعضها من بعض قريبا نسبيا بوضع كُلتى الفلزين على حالة تماس بعضهما من بعض ، وتقتصر ذرات الخارصين عن اعطاء الكهارب حين تكون ذرات النحاس قد جمعت من الكهارب ما يكتفى لاحداث التوازن بينهما .

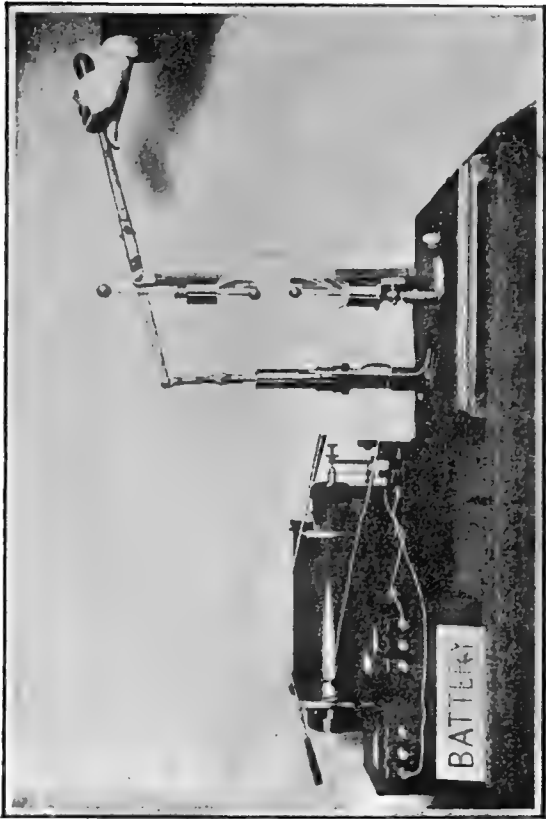
ومما يجدر ذكره في هذا الصدد أن الخارصين مستعد جدا الاستعداد دائما لاعطاء مقدار كبير من الكهارب القابلة للانفصال ، والرحوم الأستاذ هرتز (Hertz) أحد أهالى كارلسروهى بألمانيا ، الذى وضع الأساس التى بنيت عليه التلغرافية اللاسلكية ، قد استكشف حقيقة أن الخارصين يخرج عن بعض كهاربه بتشجيع يسير جدا . أخذ لوحة من الخارصين وجعل ضوء القوس

الكهربائى أو أى ينبوع آخر من الأشعة فوق البنفسجية^(١) (Ultra Violet Rays.) يسقط عليها ، فبدت على الخارصين علامة تدل على أنه صار موجب التكهرب. ولما كانت اللوحة قد وصلت قبل ذلك باليكترومتر ، أى مقياس كهرباء حساس يبين كل تغير فى الحالة الكهربائية فى الخارصين ، فإن فيما تبديه اللوحة الآن من شحنة ايجابية مايدل على أن هناك كهارب قد انطلقت منها وأن هذه قد تخلصت بفعل ضربات الضوء فوق البنفسجى .
ومما تلد معرفته أنه اذا نفخ الهواء على امتداد اللوحة فإن الكهارب المطرودة تبعد ، متعلقة بجزئيات الهواء ويتبع ذلك امكان انفصال كهارب أخرى عن اللوحة بسهولة حتى تبدى لوحة الخارصين شحنة كهربائية موجبة بالغة . وقد نذكر لأولئك الذين يعرفون شيئا عن المقاييس الكهربائية أن هذه الشحنة تبلغ أحيانا درجة من الضغط تعادل ٣٠ فولتا (Volt) .

رأينا أن قطعة الخارصين تعطى كهاربها الزائدة عن حاجتها كلما حانت لها الفرصة لذلك . ولكن فى الحالات التى كنا بصدددها بقيت الذرات ثابتة فى مواضعها الأصلية ولم تفعل سوى أن تجاوزت عن كهرب واحد زائد عن حاجتها أو كهربين . وإذا فرضنا أننا نعطى الذرات فرصة الانتقال من مرساها نرى أنها تصير أشد ميلا الى التجاوز عن الكهارب . فاننا اذا وضعنا قطعة من الخارصين فى محلول قادر على اذابتها تتخلص بعض الذرات من الفلز الصلب ، وهذه الذرات تخرج بسرعة عن كهارب ، بل الواقع أنها تبدو شديدة الرغبة فى أن تترك كهاربها القابلة للانفصال وراءها فى الفلز الجامد وتفتر بدونها فى المحلول .

(١) الضوء فوق البنفسجى معناه الضوء الذى هو قها وراء اللون البنفسجى من الطيف الشمسى ، وهو أشعة لا ترى لها تأثير كيميائى فعال كما سنبين فيما بعد .

وهذا السلوك المشاهد من جانب الذرات المتسربة يغير ظروف الأحوال السابقة تغييرا تاما، فانه لما اكتفى بوضع لوحة الخارصين في حالة تماس مع قطعة نحاس كانت ذرات الخارصين قادرة على اعطاء كهارب قليلة الى ذرات النحاس المجاورة، ولكن لما وضع الخارصين في سائل مذيب فان الذرات المتسربة من الخارصين تترك كهاربها القابلة للانفصال وراءها بحيث تجمع لوحة الخارصين على عجل مقدارا زائدا على الحاجة من الكهارب، ولهذا السبب تكون أقدر على اعطاء كهارب لذرات النحاس . ولتصوّر قطعة من النحاس الصلب موضوعة في المحلول المذكور بجوار الخارصين من غير أن تلامسها . الخارصين هنا تتجمع عليه الكهارب، ولذا فاننا نقيم جسرا بينهما تسير عليه الكهارب الزائدة الى النحاس . ويتم ذلك بربط الطرف الخارجى من الخارصين بواسطة قطعة من سلك نحاس بالطرف الخارجى من لوحة النحاس، ويمكننا أن نتصوّر أن ذرات الخارصين في هذه الحالة تملك فرصة أخرى لاعطاء كهارب لذرات النحاس . فانه لما كانت ذرات الخارصين قد جمعت مقدارا عظيما من الكهارب القابلة للانفصال كانت تابعة في الأصل لتلك الذرات التى تسربت الى السائل ، فان انتقال الكهارب بين الخارصين والنحاس يكون لهذا أشد نشاطا مما كان عند ما اكتفى بوضع الخارصين والنحاس في حالة تماس . وسيتضح لنا أننا كلما أطلنا مدة التفاعل الكيماوى، وبعبارة أخرى، مادامت ذرات أكثر تستمر على الانطلاق في السائل وتترك الكهارب الزائدة عن حاجتها فان الذرات الباقية تكون أقدر على الاستمرار في التوريد ويصبح هناك تيار مستمر من الكهارب في السلك الواصل بين الخارصين والنحاس ، أى أنه يصبح هناك تيار كهربائى مستمر في السلك . وقد نجعل السلك من الطول بحيث يفضل الى جرس



طريقة احداث مجرى من الكهارب

ترى الى يسار الصورة بطارية وملف تأثير يدعو الى حصول تفريغ كهربائي بين ساق النحاس الأصفر في اليضة الزجاجية . واليضة متصلة بمآلة تفريغ هوائية وعند ما يفرغ منها الهواء يمر بين الساقين مجرى مستمر من الكهارب كما هو مشروح في المتن .

كهربائى فى غرفة مجاورة . ثم يعود راجعا الى النحاس بحيث يتقزم أن يمر التيار فى الجرس الكهربائى قبل أن يأتى من الخارصين الى النحاس (١) .

لقد حاولنا أن نستبقى فكرة إعطاء ذرات الخارصين كهارب لذرات النحاس ، وقد نستمر على هذا اذا تصورنا أن سلك النحاس هو امتداد للوحة النحاس . قد يكون فى الامكان امالة لوحة النحاس حتى يلمس طرفها الخارجى رأس لوحة الخارصين ، ولكن هذا لا يكون ملائما كالتوصيل بينهما بقطعة من السلك اللين . ولا يتقزم أن يكون هذا السلك من النحاس ، فقد يكون من الذهب مثلا أو الفضة أو الحديد ، ولذلك يحسن أن نتصور الذرات قائمة باعطاء كهارب قابلة للانفصال . وقد يفيدنا أن نعيد هنا مثلا أوردناه فى كتابنا الموسوم باسم ”كهربائية اليوم“ (Electricity of To day) .

هناك لعبة رأيت الأطفال يلعبونها ، نعيد ايرادها هنا كمثال لحالة التوصيل الكهربائى فى الفلزات : يقف الأطفال صفا طويلا ، وتوضع عند أحد طرفى الصف كومة من الأشياء — مثل عدد كبير من البنسات — وعند اعطاء اشارة متفق عليها يتناول الصبية قطع النقود بعضهم من بعض حتى تصل القطع الى الطرف الآخر من الصف فتلقى على الأرض وتجعل كومة . ولن يسمح لأحد من الأطفال بأن يتناول قطعة جديدة حتى يكون قد ناول القطعة السابقة الى الطفل الذى بعده ، ويجب أن تكون هذه الحركة فى وقت واحد على امتداد الصف . ويقف صف آخر من

(١) لانستطيع أن نترتب هنا لنبحث فعل التيار الكهربائى فى الجرس ، وقد سبق لى أن شرحت تطبيق ذلك من الوجهة العملية فى كتابى الموسوم ”كهربائية اليوم“ .

الأطفال عددهم عدد الصف السابق موازيا للصف الأول ويعد هؤلاء عدد من قطع العملة المذكورة مساوي بالضبط لعددها الأول .
ويفعل هذا الصف مثل ذاك واللعبة بطبيعة الحال بمثابة سباق بين الصنفين المتوازيين الناتج فيها من يستطيع أن ينقل مقدار النقود جميعها بالطريقة المذكورة من أحد طرفي صفه الى الطرف الآخر في أقرب وقت . ولا يهمنا في مثلنا الا صف واحد فقط من هؤلاء الصبية . فلتصور أن الصبية يمثلون الذرات الموجودة على طول قطعة من السلك الفلزي ، فكل ذرة تناول ما بعدها كهربيا وتتناول كهربيا بدله مما قبلها في الصف . ولأجل ايضاح التشبيه نفرض أننا بدأنا اللعبة وفي يد كل طفل قطعة من العملة بحيث أنه في اللحظة التي تعطى فيها الإشارة ، تمثيلا لاجلاق الدائرة الكهربائية ، تجري عملية الانتقال كاملة في وقت واحد على امتداد الخط . وبدلا من وجود كومة من قطع العملة عند أحد الطرفين يصح أن نرتب الأطفال على شكل دائرة ونعطى كلا منهم قطعة من العملة حتى تمر القطع في الدائرة مرة بعد أخرى . هذا هو ما نفهمه من الدائرة الكهربائية الكاملة ، اذ تعمل بطارية أو دينامو عمل المضخة في الدائرة الكهربائية . وقد تقطع الدائرة الكاملة ، وعندئذ لا يكون هناك مرور في الكهارب .

الترتيب الأول في اللعبة التي جعلنا فيها الصبية واقفين صفا واحدا يشابه الى حد ما ما يسمى بالتوصيل الأرضي في المسائل الكهربائية ، فقد استمر الصبي الأول يلتقط قطع العملة واحدة بعد أخرى ويمر بها على استقامة الصف والصبي الأخير يودعها سطح الأرض ويقيم منها كومة عند تسلمها ، وكذلك تتصور الذرة الأولى الموجودة عند أحد طرفي السلك المغروس في الأرض فانها تتناول الكهارب واحدا فواحدا وتناولها على امتداد السلك . والذرة الأخيرة

الكاثدة على الطرف الآخر تودع الأرض هذه الكهارب. ولا شك أننا فى هذه الحالة نقدر أيضا وجود بطارية أو دينامو عاملة عمل المضخة وأنه ليس عندنا صف بسيط من الذرات ، بل ما لا عد له من الذرات عاملة كلها فى وقت معا .

وعند ما تمر الكهارب من ذرة الى ذرة تصادف عوائق فى طريقها ، وربما أمكن تبسيط الموضوع بالمثل الآتى : كنا ونحن فى المدرسة أحيانا نكّون دائرة من الصبية فوق ميدان كرة الكريكت ونتسلى بإمرار الكرة لكرا بالقدم من واحد الى واحد بسرعة حول الدائرة . ولا شك أن الكرة تلاقى فى أثناء ذلك من أرجلنا عائقا مفاجئا لدن كل خطوة أمامية . هذا النوع من الممانعة فى مرور الكهارب هو ما نسميه المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance) وإذا لم يكن من الصعب أن تتصور طائفة من لاعبي هذه الكرة أمهر من غيرهم فى اصرار الكرة حول الدائرة بحيث تمر الكرة فعلا بسهولة أكثر منها فى الدائرة الأولى ، فكذلك نجد ذرات بعض الفلزات أقدر على اصرار الكهارب من ذرات فلزات أخرى ، ولذا انصف الأولى بأنها موصلات كهربائية جيدة والأخرى بأنها موصلات رديئة وقد نسميها مواد عازلة (Insulators) . والواقع أن الفلزات جميعها موصلات جيدة وإن كان منها ما هو أخط من غيره فى هذه الصفة بالقياس الى سواء ، والكهارب مثلا فى مرورها فى سلك من الحديد تلقى مقاومة تعادل ستة أمثال ما تصادفه أثناء مرورها فى سلك من النحاس من حجم مساوٍ للأول . فإذا أردنا أن يحمل سلك من حديد تيار الكهارب من بلد الى بلد فلا بد لنا أن نستخدم من الذرات عددا أكبر مما يحتاج اليه الأمر إذا نحن استعملنا له سلكا من النحاس ، ولذا فإن سلك التلغراف إذا كان

من الحديد يكون أغلظ بكثير من سلك النحاس ، ولذلك يرى الفرق بين السلكين ظاهرا جدا عند ما يكونان معلقين على أعمدة التلغراف . وقد جرت العادة حتى وقت قريب باستعمال أسلاك الحديد لخطوط التلغراف . أما التليفون فيستعملون له أسلاك النحاس ، ولذا فإنه من السهل على الانسان وهو مار في الطرق الريفية أن يتبين أسلاك التلغراف الحديدية الثقيلة .

وإذا تصورنا بطارية عاملة عمل مضخة تدفع الكهارب على امتداد السلك الموصل لوحة الخارصين بلوحة النحاس فن الواضح أنه كلما كان هذا الجسر الموصل أطول كانت المقاومة التي تلقاها الكهارب أكثر . فإذا كان عندنا خط تلغراف طويل نريد استعماله بمثابة جسر لمروور الكهارب فلا بد لنا من استعمال ضغط أكبر مما يمكن الحصول عليه من عمود كيمياوى (Chemical Cell) واحد مثل الذى نحن بصدده ، ولذا فقد نجمع عددا من هذه الأعمدة معا ، وبهذه الطريقة نزيد "الضغط" . وهناك طريقتان لجمع هذه الأعمدة : احدهما أن تصل خارصين عمود بخارصين عمود آخر ، ونحاس هذا بنحاس ذاك ثم خارصين عمود ثالث بخارصين العمود الرابع ، وهلم جرا . ولكن هذا لا يزيد الضغط . نعم ان اتحاد الخارصين يهيء فعلا مقدارا أكبر من الكهارب ، ويمكننا أن نحصل بهذه الوساطة على تيار أعظم ولكن جيش الكهارب المتضخم لن يحصل بذلك على باعث أقوى لدفع الكهارب القابلة للانفصال ، بل يقتصر الأمر على أن تضيف كل لوحة من الخارصين نصيبها العادى من الكهارب الى السيل المشترك . ولكننا اذا وصلنا خارصين عمود بنحاس العمود المجاور ، وخارصين العمود الثانى بنحاس العمود الثالث وهكذا : الخارصين بالنحاس والخارصين بالنحاس ، حصلنا على نتيجة مختلفة اختلافا كبيرا . اذا تصورنا الخارصين الأول ينقل

ما يجمع من كهاربه على امتداد الجسر السلكى الى النحاس فى العمود الثانى والنحاس ينقل هذه الكهارب خلال السائل الى الخارصين القائم فى العمود نفسه فانه لا يقتصر هذا الخارصين الثانى على حيازة ما يتجمع عليه من كهاربه الخاصة به بل ومثل عددها من الكهارب التى مرت اليه من العمود الأول . فى هذه الحالة يحدث فى العمود الثانى ضغط أكبر من الكهارب المتراكمة على خارصينه . وكلما أضفنا عمودا الى عمود بهذه الطريقة نستمر فى زيادة الضغط على امتداد الجسور الموصلة . وفى الحالة الأولى التى يقال للأعمدة فيها إنها موصولة على التوازى (in parallel) يكون الضغط منخفضا ضعيفا ، ولذلك نحتاج الى سلك غليظ لنقل هذا التيار العظيم . على أنه يمكن أن ينقل سلك أرفع نفس هذا التيار اذا نحن وصلنا الأعمدة على التوالى (in series) كما فى الحالة الثانية . ويمكننا أن نتبع هذه الطريقة بالنسبة الى أنبوبة ماء أضيق تجويفا اذا زدنا ضغط الماء . وهنا نقطة أخرى ذات شأن ، فاننا اذا زدنا الضغط المائى الى أى حد كبير فلا بد لنا أن نزيد سمك أنبوبة الفلز وإلا فان الماء ينفجر . وبالطريقة عينها يجب علينا أن نزيد درجة عزل السلك الذى يحمل تيارا كهربائيا على الضغط . ويحدث فى حالة السلك الحامل تيارا كهربائيا على الضغط أن يكون الجو بمثابة عازل جيد جدا ، ولكن يجب علينا ملاحظة أن تكون حوامل الأسلاك أجود عزلا مما تتطلبه الأسلاك التى تحمل تيارا منخفض الضغط . والزجاج والفالكانيت والصينى عازلات جيدة ، اذ أن الكهارب تلاقى مقاومة عظيمة فى محاولتها المرور خلال هذه المواد . على أننا نعتبرها فى جميع الأغراض العملية قادرة على أن تسد طريق الكهارب سدا تاما . أما اذا أجبرت الكهارب على تخطيها بواسطة ضغط شديد كالذى يحدث من ملف

تأثير (Induction Coil) كبير جدا فإن مرور الكهارب قد يصدع الزجاج .

ولقد رأيت في المعهد الملكي بلندن كتلة من الزجاج سمكها ثلاث بوصات قد كسرها تفريغ كهربائي حادث من ملف تأثير كبير إذ ثقت قطعة الزجاج من جانب لآخر ، ولم يكن الثقب مجرد ثقب دبوس بل كان كأنما قد حدث بفعل آلة . وهذا ما يحدث في زجاج الكوارتز . وإذا استعمل الزجاج الصواني يحدث كسر تام في الكتلة . وأذكر أنني رأيت سير أوليفرلودج في معمل المرحوم لورد كلفن يكسر كوبة سميكة من الزجاج بفعل تفريغ كهربائي شديد .

بحثنا في الجزء المتقدم من هذا الباب فعل العمود الكيماوى الذى تتألف عناصره من لوحة من الخارصين وأخرى من النحاس . ومع أن هذا العمود ليس هو الشكل الشائع اليوم فإنه يبين لنا المبادئ العامة التى ينبى عليها فعل جميع البطاريات . وهناك نوع من البطارية شائع اليوم جدا فى الاستعمال ، وهو عبارة عن قطعة من الخارصين وأخرى من الكربون منغمستين فى محلول مخفف من ملح النوشادر (Sal-Ammoniac) وليس الغرض الذى نحن بصدده أن نبحت الترتيبات العملية لأعمدة مختلفة بل لنبحث الآراء العلمية الخاصة بفعل الأعمدة .

والخلاصة أننا رأينا أن الشحنة الكهربائية ليس معناها الا تراكم كهارب على جسم يقابله نقص فيها على جسم آخر . وقد نكون عجبنا فى وقت ما حين نرى أنه اذا ذلك جسمان بعضهما ببعض كانت الشحنة التى على أحد الجسمين مساوية بالضبط ومضادة للشحنة التى على الجسم الآخر . والمسألة بسيطة جدا ،

اذ النتيجة لا يمكن أن تكون خلاف ذلك. وبيانه أن أحد الجسمين قد فقد مقدارا معيناً من الكهارب والجسم الآخر قد اكتسب نفس هذا المقدار. وما التفريغ الكهربائى الا تفريغ كهارب من جسم الى آخر.

ورأينا أيضاً أن التيار الكهربائى ليس الا تياراً من الكهارب. ولكن مما يؤسف له أننا اعتدنا أن نتصور هذا التيار جارياً فى الاتجاه المضاد للاتجاه الذى تدل نظرية الكهارب على أن التيار الحقيقى يجرى فيه. إن سريان الكهارب يكون من النقطة التى يحدث فيها التراكم، أو بعبارة أخرى من الطرف السالب، الى نقطة النقص التى هى الطرف الموجب. وقد اعتبرنا التيار دائماً يجرى من الموجب الى السالب، ولكن خطأنا نشأ من أن الكهاربائين المتقدمين كانوا يطلقون كلمتى موجب وسالب على نقيض الحالتين كما شرحنا. ومع ذلك فإننا ما دمنا نراعى أن تيار الكهربية السالبة — أى تيار الكهارب الذى نحن بصددده — فلن يكون هناك سبب للبس.

وإذا كانت نظرية الكهارب صحيحة، وهى الى الحد الذى وصلنا اليه فيها تبدو صحيحة فقد حصلنا بها على صورة واضحة وضوحاً كافياً لمعنى الشحنة الكهربية والتيار الكهربائى^(١). ولكننا لم نجب حتى الآن عن ماهية الكهربية؟ — وما دمنا لم نجب على هذا

(١) لما تفكر فى التيار الكهربائى ونقول إنه مسبب عن سير الكهارب من ذرة الى ذرة على امتداد موصل يجب ألا نتصور أن الكهارب تندفع اندفاعاً بقاءً. فقد يكون معدل سرعة السير بطيئاً بحيث يكون كذا ياردات فى الساعة. ففى الفلز تكون هذه الكهارب القابلة للانفصال حرة فى الانتقال متخبطة هنا وهناك من ذرة الى ذرة بحيث يمكن تصور استعمال القوة الكهربية بأنها محدثة تياراً بطيئاً متظلاً من هذه الكهارب الهائلة من ذرة الى ذرة على امتداد الموصل.

السؤال فانه لا يمكننا أن نعرف ماهية الكهرباء. والآن لا نعرف من أمره الا أنه شحنة سلبية من الكهرباء .

ويلوح وجيها جدا أن نزع أن الكهرباء يلزم أن يكون مظهرا من مظاهر أثر الفضاء كحلقة صغيرة أو كدوامة في الأثير وأن الكهرباء الموجبة لا بد أن تكون مظهرا آخر من مظاهر هذا الوسط الذي يتخلل كل شيء ، بيد أن هذه الأفكار كلها فرضية .

ولكن قبل المضي لنرى أى ضوء جديد تلقيه نظرية الكهارب على الظواهر الأخرى يحسن بنا أن نكون على علم بالفكرة الخاصة بذلك الوسط الذى يملأ الفراغ ، أى الأثير .

الباب السادس

ما هو الأثير ؟

وجود وسط يتخلل كل الأجسام — الاضطرابات الموجية في الماء ، والهواء والأثير — اختلاف الأمواج في الأثير — الضوء والظلمة — الحرارة لا تنتقل من الشمس — ما هذا الذي ينتقل ؟ — تحولات — اختراع فكرة الأثير — أوله استقبالتها — لا بد من وجود وسط — بيان وجوده — ليس مادة نادية — رأى مندليف — نظرية ممتعة للمستقبل — تحليل أمواج الأثير — الأشعة السينية — الأمواج اللاسلكية — سرعة الأمواج الأثيرية — السرعات الثابتة — المجالات التي في الأثير .

ما يتناول الانسان كتابا في العلوم العصرية يبحث الأشياء من جانبيها الفوسيقى إلا ويحدد فيه باستمرار اشارات الى أثير الفضاء . ولا بد أن ينشأ اذ ذاك سؤال طبعى جدا فيقال : ما هو هذا الأثير ؟^(١)

ليست فكرة وجود وسط يتخلل الأشياء كلها من أضغاث الأحلام أو مجرد تخمين . فاننا اذا درسنا الحقائق المشاهدة اضطربنا الى التسليم بحقيقة وجود الأثير ، ولذا فان العالم بالطبيعات الرياضية^(٢) يثق بوجود الأثير فثقت بوجود نفسه ، اذ يكون من الخطأ الواضح ، بالرغم من كل ما وعى كتاب جون ستوارت ميل (John Stuart Mill) من المنطق أن تصوّر الانسان جسما يؤثر في جسم آخر ما لم يكن هناك وسط ما متدخل بين الجسمين . ولنضرب مثلا بسيطا لذلك : تصوّر

(١) تكلم المؤلف عن أن هجاء كلمة أثير المراد هنا كهجاء كلمة أثير الذي هو المادة المصنوعة من الكحول والتي تستعمل بدل مادة الكلوروفورم . ورأى معنا ليس في أول الأمر على الأقل ، أن يكتبها Ether بدل Ether وقد ضربنا صفحا عن نقل الفقرة الخاصة بذلك في الكتاب .

(٢) ترجمة Scientist تفريقا بينا وبين Naturalist وكلمة Learned

man التي هي "عالم" فقط وليس الفرق بخاف بين هذا وذاك (المترجم)

رجلين ساجدين في بركة ماءها ساكن ، وأن أحدهما قد أحدث طائفة متسلسلة من الأمواج في الماء حتى وصلت اليرفقه ولفقت نظره . الملاحظ أن لا شيء في الحقيقة مرّ من أحدهما الى الآخر وانما أثير الوسط المتدخل بينهما . وبهذه الطريقة أثر أحد الجسمين في الآخر ، وان كان الثاني على مسافة ما منه . لم ينتقل الماء من واحد الى آخر وانما الذي انتقل هو الاضطراب الموجى لا غير .

ولنضرب مثلاً آخر : تصوّر أن ناقوس كنيسة يدق في برج بعيد في سكّون الصباح . فالناقوس وان كان مثبتاً في مكان معين ، يؤثر في الجهاز السمعى من الناس على مسافة بعيدة . لا ينتقل من الناقوس شيء الى سامعيه البعيدين ، وانما هو يثير الوسط المتدخل أى الهواء ، والهواء المهتز يثير بدوره طبقات الآذان من سامعيه . فالاضطراب الموجى اذن هو الذى تنقل لا سواه .

ولنضرب مثلاً آخر يقربنا من النقطة التى نريد أن ندركها : تصوّر ليلة مظلمة موحشة من ليلالى الشتاء ترى فيها مناراً عظيماً يشع نوره لإرشاد البواخر القادمة . فى هذه الحالة يؤثر مصباح المنار فى عيني الملاح البعيد . هذه الحقيقة عادية لا تستوجب الإشارة إليها ، ولكنها مع ذلك عجيبة ، اذ لم ينتقل شيء عبر المسافة الواقعة بين المصباح والعين وانما انتقل الاضطراب الموجى فى الوسط المتدخل . فأى وسط متدخل هو ؟ حقاً إنه ليس بهواء ، فان هناك زوبعة سرعتها خمسون ميلاً فى الساعة تحث السير مارة وراء المنار ، ومع ذلك فموجات الضوء لم يصبها اضطراب بحال . ولو كانت الموجات موجات صوت لتأثرت حقاً بفعل الريح الثائرة . اذن فلا بد أن يكون هناك وسط آخر خلافاً للهواء ، وهو الوسط الذى أطلقوا عليه اسم "أثير" . فلتصوّر مصباح المنار يثير الأثير المحيط ويبعث سلسلة

من الأمواج فيه . هذه الأمواج تسير الى الملاح البعيد وتحدث في مخه احساسا خاصا، وذلك بتأثيرها في عينيه . وفي جميع الأحوال التي تخطر على البال يؤثر الجسم في الجسم البعيد بانارة وسط ما متدخل بينهما .

ومن غرائب الحقائق أن من أنواع الموجات الأثيرية ما يحدث نتائج تختلف اختلافا تاما عنها في غيرها . فالشمس وهي بعيدة جدا تثير أمواجا معينة من الأثير وتسقط على أعيننا وتؤثر في جهاز حاسة البصر منا . وتثير الشمس أيضا نوعا آخر من الموج الأثيرى ^(١) اذا سقط علينا أحى أجسامنا وكذا جميع الأشياء التي تقع عليها الأمواج . فالأثير ينقل كلا هذين الاضطرابين في وقت معا . أمواجا ضوئية وأمواجا حرارية .

ولا يقتصر أمر الأثير على أداء هذه المهمة المزدوجة ، بل لا بد له أن يحمل أيضا الأمواج التي يبعثها مرسل التلغراف اللاسلكي ، وهذه الموجات الكهر بائية عبارة عن اضطرابات كبيرة في الأثير . ومن السهل أن يتصل الانسان بواسطتها بالسفن السابحة في عرض البحار بشرط أن تكون في هذه السفن مستقبلات لاسلكية تتأثر بهذه الموجات الأثيرية . على أن كل ما يحتاج الى ملاحظة في الوقت الحاضر هو النتائج المختلفة التي تحدثها أمواج الأثير . يجب علينا أن نضع نصب أعيننا حقيقة أن الضوء والحرارة لا ينتقلان إلينا من الشمس وانما الأمواج الأثيرية هي التي تحدث هذه الآثار . ومما يؤسف له أن هذه الأمواج الأثيرية قد سميت "الضوء" و "الحرارة" فان هذه التسمية تؤدي حتما الى اللبس والارتباك . ولقد حاولنا أن نصلح الأمور قليلا بتسميتنا الأمواج الأثيرية التي

(١) سنرى فيما بعد أن جميع الأمواج الأثيرية من طيبة واحدة ولكنها تختلف في أطوالها الموجية .

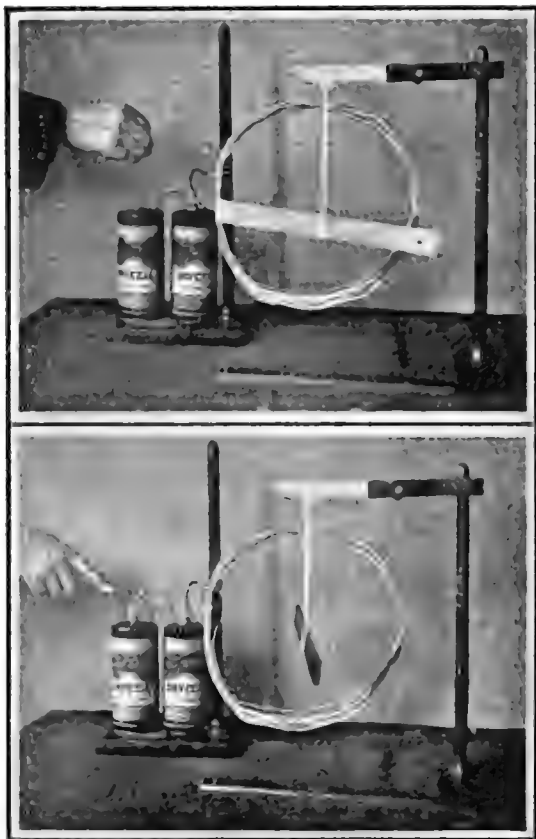
تحدث الحرارة ، الحرارة الاشعاعية . ولكل لم نحاول البتة أن نغير تسمية الأمواج الأثيرية التي تحدث الضوء باسم مناسب ، بل لا تزال نسميها "الضوء" وهذا يدعونا الى استعمال تعبيرات غريبة ، إذ أن كثيرا من هذه الأمواج الضوئية لا يؤثر في أعيننا ، ولذا فتحن نسمى هذه الأمواج الخاصة "الضوء غير المنظور" ومن جهة أخرى فاننا قد اعتدنا بالطبيعة أن نربط الضوء باحساسنا البصرى .

لنفرض ان لدينا آلة فوتوغرافية عادية مهيأة في حجرة تصوير ، والغرفة مضاءة بضوء زاهية بواسطة مصباح القوس الكهربائي وأن أمام العدسة ستارا أو غطاء مصنوعا خصيصا لذلك ، وهذا الستار يحجب كل الضوء العادى ، أى الضوء المنظور . فاذا وضع الناظر رأسه تحت قطعة القماش المركزة . التي تستعمل عند ضبط الصورة في البؤرة ، ليفحص الصورة فإنه لا يرى شيئا على لوحة الزجاج المخشن "المسنفر" إذ ليس في الآلة الا ظلام دامس ، غير أنه يمكن أخذ صورة فوتوغرافية في هذا "الظلام الحالك" : أجلس انسانا بالطريقة المتبعة لتصويره وغير لوح الزجاج المسنفر ، وان لم تشاهد عليه أثر شبح الجالس مطلقا ، بلوح فوتوغرافى حساس عادى . وبعد تعريضه خمس دقائق اغسل اللوح لاطهار الصورة تجد عليه صورة الذى جلس ، وتكون النتيجة حسنة بالقياس الى مدة الزمن التي قضاه المرسوم فى الجلوس على حالة واحدة ثابتة أثناء مدة التعريض ، جلّ من هذا أن ضوءا غير منظور قد دخل صندوق الآلة فعلا ، وأن هذا الضوء مع عدم تأثيره في جهاز حاسة النظر منا قد أثر فعلا في المواد الكيميائية التي على اللوح الفوتوغرافى كما يؤثر الضوء العادى تماما . هذا الضوء غير المنظور يسمى فوق البنفسجى ، إذ أنه وراء الطرف البنفسجى من الطيف الشمسى عند ما يحلل الضوء بواسطة منشور من الزجاج .

الغرض الذى نحن بصدده هنا هو بيان أن كل ضوء غير منظور ، بمعنى أنه لا يمكن أن يرى . منذ بضع سنين ظهر كتاب شائق بعنوان "الضوء المنظور وغير المنظور" وكنا نفهم من هذين العتين معنى خاصا ، اذ معناهما عندنا : الضوء الذى يؤثر فى أبصارنا والضوء الذى لا يؤثر . واذا كنت تستطيع أن تنظر الى الضوء دون أن تسمح للأمواج أثيره أن تدخل الى عينك فانك واجد فعلا أنه غير منظور، ويلوح هذا الضوء مثل الظلام تماما . نعم إنك اذا جلست فى غرفة تامة الظلام وسمحت لحزمة من أشعة الشمس أن تدخل من فتحة فى مصراع نافذة فانك ترى طريق الحزمة ، ولكن هذا ناشئ من أن ذرات الهباء الهائمة فى الهواء تعكس الأمواج صوبك . واذا كان الهواء خاليا تماما من الهباء فانك لا ترى طريق الحزمة الشعاعية عبر الغرفة . ويمكننا أن نجري هذه التجربة على نطاق واسع جدا . فاننا اذا جعلنا الشمس ينبوع الضوء وظل أرضنا بمثابة الغرفة المظلمة ، فانه يمكننا فى أى ليلة خالية من السحاب أن ننظر فى الفضاء العظيم . هذا الفضاء ممتلئ دائما بأمواج أثيرية من الضوء المرسل من الشمس فى جميع الجهات ، ولكننا لا نرى هذه الأمواج . بعضها يقع على كوكب بعيد جدا ثم ينعكس منه نحو الأرض ، وعندما تدخل أمواج الأثير فى نواظرننا نقول إننا نرى ضوء الكوكب . يتخيل الى أن معنى منظور وغير منظور قد أصبح واضحاً فكل أمواج الأثير فى ذاتها غير منظورة ، اذ أن الأثير نفسه غير منظور . وسنرى فيما بعد أن مقدارا قليلا جدا من أمواج الأثير هو الذى يؤثر فى العين .

يجب أن نذكر أننا عندما نقول عن الضوء إنه يأتى من الشمس الى أرضنا فى ثمانى دقائق تقريبا لا نعنى بهذا حدوث انتقال فعلى

لشيء من مكان الى مكان ، بل مجرد اضطراب موجى فى الوسط المتدخل . ولعلنا نزيد المسألة وضوحا اذا تناولنا بالبحث الأمواج الأثيرية للحرارة الإشعاعية التى تبعثها الشمس والتى تتصيد أرضنا بعضها منها . لقد اعتدنا أن نعتبر أن الحرارة تسرى فى جسم وتنقل من جسم الى آخر بواسطة مادته بحيث يشق علينا فى أول الأمر أن نخرج ذلك من أذهاننا عند ما نفكر فى الشمس والأرض . إن المسافة الواقعة بين الشمس والأرض غير مسخنة . بل الحادث هناك هو مجرد اضطراب أثيرى . تصور أن الجسيمات التى تتألف منها الشمس فى حالة هياج شديد أى اهتزاز ، وان هذه الجسيمات المهتزة تثير الأثير ، وهذا الفعل يحدث كما سترى فيما بعد بواسطة خطوة متوسطة ، بيد أن هذا لا يهمننا فى الوقت الحاضر ، وانما نكتفى بتصور جزئيات الشمس المهتزة باعثة سلاسل من الموج فى الأثير ، وأن هذه الأمواج تسير مطردة خلال محيط الأثير العظيم ، ويقع من هذه الأمواج بطبيعة الحال شيء على كوكبنا الصغير الذى هو فى الواقع لا يعد فى الكون الا ذرة . عند ما تقع هذه الأمواج على أى مادة تبعث على الفور فى جزئياتها حالة تحرك اهتزازية فتحدث الحالة التى نسميها الحرارة . وسلاحظ القارئ أن قد حدث نوع من التحول المادى فعلا ، اذ أن جسيمات المادة المهتزة تستدعى اضطرابا أثيريا يتحول مرة أخرى على مسافة بعيدة الى الحركة الاهتزازية فى جسيمات مادة أخرى . وجلى أنه عند ما نتكلم مع أحد معارفنا فى بلدة أخرى بالهاتف لا ينتقل صوت من البلدة الى البلدة ، بل إن الصوت الذى يحدثه المتكلم يسيطر على تيار كهربائى يجرى الى المحطة البعيدة ، وهناك يستحث على الحركة قرصا رقيقا من الفلز ، وهذا يدعوا الهواء المحيط الى الاهتزاز وترجيع



ملف من السلك يحمل تيارا كهربائيا يعمل عمل المغناطيس .
 في الصورة العليا لا تكون البطارية متصلة بالملف وعندما نتم الدورة يدور المعاكيس
 العولادى حول نفسه ويبقى على رابطة فتنه مع الملف كما في الصورة السفلى .

الصوت البعيد المسيطر . وكما أنه لا يمر صوت بين المكانين المتباعدين لا تمر حرارة بين الشمس والأرض . في كلتا الحالتين يحدث تحوّل حقيقي وتوليد جديد .

لا يرفض المبتدئ فكرة الأثير الا في أول الأمر، فهو يرى اذ ذاك أنه رجم يشبه التحدث عن سكان القمر ، وأن علماء الطبيعيات الرياضية انما اخترعوا فكرة الأثير لتساعدهم على الخروج من المأزق الحرجة . وهم يسلمون بهذه التهمة لأن فكرة الأثير من مولدات فيلسوف دانييركي عظيم يدعى هوجنس (Huygens) ^(١) منذ أكثر من مائتي سنة لشرح ظاهرة الضوء . على أن نظرية نيوتن (Newton) الأكثر مادية كانت في ذلك الزمان أكثر شيوعاً، حتى أنه لما استصوب الفيلسوف الأصيل الدكتور توماس يانج (Dr. Thomas Young) اللندني هذه النظرية ودرسها درساً دقيقاً لم يلاق من العلماء الا تشجيعاً طفيفاً . ويلد الانسان أن يرجع الى عدد قديم من أعداد مجلة ادنبره (The Edinburgh Review) ^(٢) ويرى كيف أنهم طعنوا في آراء يانج وسخروا منها (انظر الملحق الثالث صفحة ٣٠١) ومن العجب أن تبلغ قلة تصديق الناس لرأى يانج في الأثير أنه لما نشر رسالته للرد على المطاعن التي وجهت اليه في المجلة المذكورة لم يشتر الجمهور الا نسخة واحدة .

ولذلك لا نلوم رجل اليوم الذي لم يتبع مجرى العلوم الطبيعية الحديثة ، اذا هو استعصى عليه أن يقبل قولاً جريئاً مثل هذا عن وجود الأثير . قد يقول إنه مجرد نظرية له أن يؤمن بها أولاً

(١) اخترع القدماء قبل هذا التاريخ بوقت كبير أثيرات لتسبح الكواكب فيها ولتساعد الفلاسفة القدماء حقاً على الخروج من المأزق، ولكن الأثير كما نسلم به الآن حدده هوجنس في نهاية القرن السابع عشر .

(٢) صفحة ٩٧ من المجلد الخامس سنة ١٨٠٤

يؤمن كما يحلوه ، ونحن نوافقهم تمام الموافقة ولكنا في الوقت نفسه لا نتردد عن سؤاله : هل يعتقد أن الأرض تجري حول الشمس ؟ فهذه أيضا نظرية . بل هي فوق هذا نظرية توضح عددا من المشاهدات الفلكية المعروفة . وكذلك الأمر في نظرية الأثير فانه لا يتيسر تفسير عدد كبير جدا من الأمور تفسيراً ترتاح اليه النفس الا على افتراض وجود الأثير . حينما يشاهد امرؤ ذو ذكاء عادي لعبة خيال الظل القديمة يذهب منه نظره على الفور الى أن سواعد اللعب وأرجلها إنما تجرّها الى الأعلى خيوط ، أو قتلات مربوطة بها أو شيء آخر وان كان لا يستطيع أن يرى شيئا من هذه الوسائط . إن الإدراك العادي يحمله على القول بأنه لا بد من وجود وسيط ما للاتصال . واذا نحن نظرنا الى مغناطيس يجذب نحوه ابرة أو مفتاحا كبيرا كما ترى عند صفحة ١٤٧ من هذا الكتاب فان الإدراك العادي نفسه يشعرنا بأنه لا بد من وجود وسط ما للاتصال . والواقع أنه اذا بحث انسان هذا الموضوع جدّيا فهو مضطر الى قبول نظرية وجود أثير يتخلل كل الأجسام ، فالطفل في غرفة لعبه يعلم أنه اذا أراد حصانه الخشبي الصغير أن يتبعه في جولانه باللعب فلا بد أن يجعل بينه وبين اللعبة خيطا أو أى واسطة اتصال أخرى ، وكذلك يتعلم العقل الباحث أن أى قطعتين من المادة لا بد أن يكون بينهما وسط متدخل قبل أن تؤثر احدهما في الأخرى . حقا ليس في الوجود شيء مما يقال له حيز خال . فقد تخلى كرة زجاجية مما يكون بها من الهواء والهباء وكل صنوف المادة بمفرغة الهواء الزئبقية ولكن لا تكون الكرة الزجاجية بعد ذلك خالية لأنها لا تزال مملوءة بالأثير . فانه اذا كان في الكرة جرس كهربائي فاننا نستطيع أن نحثه على الدق بأية درجة من الشدة نريدها ، ومع ذلك فانه لا يستطيع أن يؤثر في آذاننا ، لأن وسط التوصيل فيما بيننا ، أى الهواء ، قد أخرج .

ولكن اذا كان لدينا فى الزجاجه مع الجرس الكهربائى مصباح كهربائى صغير ، وكنا نجري التجربة فى الظلام ، فاننا لا نكاد نطلق تيار الكهرباء فى المصباح من الخارج حتى ندرك أن المصباح متوهج : يؤثر المصباح فى أعيننا فى حين أن الجرس لا يؤثر فى آذاننا . فظاهر من هذا أننا لم نتجح فى اخراج الواسطة التى يعمل المصباح عمله خلالها لأن كرة الزجاج على خلوها من المواد العادية لا تزال مملوءة بالأثير، وهذا الأثير حقيقى كالهواء الذى ننفسه .

كون الأثير يتخلل جميع المواد أمر واضح جدا ، لأنه لا يقتصر على نقل الضوء من الشمس بل يأتى به من النجوم عبر ملايين من الأميال ، وعليه فلا بد أن تكون كرتنا الأرضية سابجة فى الأثير .

تصوّر نيزكا يقترب من الأرض آتيا من الفضاء البين النجوم ، فبمجرد دخول النيزك الحدود العليا لجونا تصبح المادة التى يتكوّن منها جسم النيزك فى درجة الحرارة البيضاء . وهذا ناشئ عن الاحتكاك العظيم الحادث بين النيزك وجسيمات الهواء ، وهو فى ذاته أمر عجيب ، لأن جسيمات الهواء عند ذلك العلو تكون قليلة قياسا ومتباعدة بعضها عن بعض ، بيد أن النيزك سائر بسرعة عظيمة قد لا تقل عن ألف ميل فى الدقيقة . وأرضنا تجرى بنفس السرعة تقريبا خلال الأثير فى رحلتها الدائمة حول الشمس ، ومع ذلك لا نجد أن الأثير الذى تسبح فيه يحدث أية مقاومة ، وإن كانت هناك مقاومة فلا بد أن تكون من الصغر بدرجة ضعيفة جدا ، لأنها لم تحدث فى كوكبنا أثرا محسوسا منذ أن احتله الانسان .

وقد كان الكيمياوى الروسى العظيم « مندليف » الذى وضع القانون الدورى الذى تكلمنا عنه فى باب سابق ، يعتقد اعتقادا

جازما أن الأثير غاز مفرط في الرقة ، وقد زعم أن جسيماته من الصغر بحيث أنها تستطيع أن تمر بسهولة تامة بين ذرات المادة بمعنى أن المادة جميعها تعد مسامية تماما إزاء الأثير . ولكن الفوسفيين في الوقت الحاضر لا يميلون الى قبول هذه النظرية اذ يرونها مفرطة في المادية ، ومع ذلك فانها ليست مستعصية على الادراك كل الاستعصاء .

ان الشاب في المدرسة قد يعتريه بعض الدهشة حين معرفته لأول مرة أن الغازات قد تمر خلال الجدران الصلبة من الأوعية الخزفية ، غير المصقولة ، في حين أن هذه الأوعية نفسها قد تحفظ الماء دون أن يتسرب منه شيء . وتزداد دهشته حين يعلم من تجارب لينارد باشعة المهبط أن الكهارب قد تمر بسهولة من ستار الومنيوم صلب يستحيل أن يمر فيه غاز من الغازات . فما علينا الا أن نرتق درجة ونتصور جسيمات من الأثير تمر خلال جميع المواد بسهولة تامة . قد تكون هذه الجسيمات الأثيرية من صغر الحجم بالنسبة الى الكهارب كما تكون الكهارب من الصغر في الحجم بالنسبة الى الذرات . ولعمري اذا كان هذا هو حجمها فقد كان في استطاعة مندليف أن يجد لها مكانا في جدول قانونه الدوري بعد تعديله . على أنه يجب أن يفهم بوضوح أن نظرية مندليف ليست الا فرضا لا أكثر ، وأن الفكرة لا تصادف من علماء اليوم قبولاً كثيرا . ولدينا نظريات ميكانيكية أخرى خاصة بتأثيرات الأثير ولكن ليست عندنا نظرية أخرى خاصة بطبيعة الأثير .

لقد نشأنا نعتبر الأثير « شيئا » خفيا مغايرا كل المغايرة للمادة العادية . ولذا فانه من الصعب أن نقبل كون الأثير متركما من حبيبات كما يرى الكيمياوى الروسى العظيم فلا سبيل لنا في الوقت

الحاضر الا بالتخمين . وعلى كل حال فان لدينا النظرية الشيقة للكهارب وهى ترسم لنا العقيدة الآتية :

الذرة متكوّنة من جسيمات صغيرة جدا تسمى كهارب، والذرة من الوجهة العملية عبارة عن نظام شمسي مصغر ، ولربما وجد جيل من الناس فى المستقبل يقول بأن الكهارب متألّفة كذلك من جسيمات صغيرة من الأثير تتحرك هى أيضا فى مدارات منتظمة داخل الكهرب ، فان صح هذا فماذا يأتى بعد ؟ على أن الكلام فى هذا الصدد يخرجنا عن مجال موضوعنا ، إذ أن هذه الاقتراحات لن تقبل على اعتبار أنها من قضايا العلوم فى الوقت الحاضر . فى الوقت الذى ليست فيه نظرية التركيب الحبيبي للأثير مقبولة بصفة عامة ، يوجد اجماع تقريبا على أن الأثير مهما كانت طبيعته ، هو المادة الأولى المتكوّنة منها المادة جميعا .

لم يمض زمان بعيد منذ لاحظ المرحوم لورد سالسبورى أن كلمة الأثير تبدوله كأنها اسم فاعل من مصدر يهتز ، لأننا نكاد لا نعرف شيئا من طبيعة الأثير سوى أنه قادر على الاهتزاز أو الترجيح . ولا حاجة بنا الى الامعان فى التخمين عن طبيعة الأثير ، فإن لدينا الشئ الكثير مما يلدنا من بحث التأثيرات التى تحدث فى هذا الوسط الذى يتخلل الأشياء كلها .

إن الأثير فى الواقع عجيب فى قدرته على نقل جميع أنواع الأمواج ، فالشمس تبعث أمواجا معينة فى الأثير ، ونحن نسمى هذه الأمواج أمواجا ضوئية ، وإذا حللنا هذه الأمواج بإمرارها فى منشور زجاجى نجد صنوفا عدّة من الأطوال الموجية . ولا يؤثر فى أبصارنا من هذه الأصناف الا جزء قليل جدا ويحدث مختلف الاحساسات اللونية . وإذا وضعنا مقياس حرارة حساس وراء

الطرف الأحمر المنظور من الطيف نجد أن هناك أمواجاً غير منظورة تحدث حرارة ، وعند الطرف الثاني من الطيف وراء منطقة اللون البنفسجى نرى « ظلاماً » وهناك نجد أمواجاً تؤثر في لوحة الفوتوغراف وتبدي تأثيرات كيميائية أخرى . ولعمري لو لم يعمل الأثير إلا ما ذكر في هذه الفقرة لكان أمره عجيباً حقاً ، لأنه هو الذى ينقل كل تلك الأصناف العظيمة من الأمواج في وقت واحد . وعند ما ينظر الإنسان الى مصباح عادى من مصابيح الشوارع في الليل يصعب عليه أن يدرك لأول وهلة أن القوس الكهربائى أو شبكة الغاز المبيضة الحرارة باعثة كل تلك الأصناف من الأمواج في الأثير ، بل حتى هذه لا تستنفد كل ما في مقدور الأثير ، لأننا عندما نستعمل أنبوبة أشعة سيذية نبعث في هذه الوساطة اضطراباً له خواص تختلف عن خواص الأمواج الضوئية . تستطيع أشعة رونتجن Rontgen Rays أن تحترق مراد مثل الخشب ولحم الإنسان ، وكلاهما معتم لا يشف الضوء . وسنعود الى بحث الأشعة السينية فيما بعد وانما نريد هنا أن نلاحظ أنها متكوّنة من اضطراب في الأثير وأنه هو نفس الأثير القابل للتغير في شكله ، الذى يحمل الأمواج الكهربائية التى يبعثها مرسل التلغراف اللاسلكى ، وهذه الأمواج بوقوعها على آلة الاستقبال البعيدة تبعث فيها حركة . ولا بد أن يكون الأثير هو الوساطة التى تجذب بها كتلة من المادة كل كتلة أخرى من المادة أيضاً . أما طبيعة الجاذبية فليست عندنا فى الواقع فكرة عنها حتى فى هذا العصر . عصر النور والعرفان .

وهناك نقطة أجد أنها تحير بعض الناس ، وهى : كيف يحدث أن هذه الأمواج الأثيرية تستطيع أن تنتقل هذه الملايين من الأميال ومع ذلك تحتفظ بمعدل سرعتها طول سفرها ؟ ان كل

الأمواج الموجودة في الأثير تسير بسرعة معدداً فوق أحد عشر مليوناً من الأميال في الدقيقة . وإنما اخترت تقديرها بالدقيقة لاني أرى أن الانسان العادي أحفظ لهذه الأرقام من الرقم المتعارف وهو ١٨٦,٠٠٠ ميل في الثانية . وسنرى عند ما نصل الى بحث الضوء كيف أمكن تعيين سرعة سيره ، ولكنا في الوقت الحاضر نريد أن نرى كيف تكون السرعة ثابتة ولا تنقص بازدياد المسافة .

بما أن سرعة الضوء عظيمة جداً فإن الزمن الذي تقطعه للوصول إلينا من بعيد جداً يكون من الصغر بحيث لا يحس . ولكنا حين نبحث مرور أمواج الضوء من الشمس الى الأرض نرى أنها تستغرق حراري ثمانى دقائق لقطع الاثنى والتسعين من ملايين الأميال التي بيننا وبين الشمس . لابد لنا من ايقاظ قوة التخيل في أنفسنا اذا نحن لاحظنا أن من أمواج الضوء ما يستغرق ألوفاً من السنين حتى يصل إلينا من أحد النجوم البعيدة ، بيد أن هذا ما يحدث فعلاً .

والواقع أن الصعوبة التي يستشعرها بعض الناس في تصور ثبات سرعة السير على مدى بلايين من الأميال ناشئة عن سوء فهم . فقد يفكرون في الرصاص وغيره من قطع المادة اذ تقذف بسرعة عظيمة ، ويرونها تفقد من سرعتها على عجل حتى تصل في النهاية الى حالة السكون . فلنحاول ان نتصور موجة ضوئية تسير خلال الهواء . حقيقة ان طاقة موجة الصوت تنتشر وتنفى بعد مسافة ما ، ولكنها قد حافظت على معدل سرعتها طول رحلتها جميعها . فإين محل الفرق ؟ . في الحالة الأولى حركت قطعة من المادة من جانب من الكرة الأرضية الى جانب آخر وكانت في أثناء سيرها تصادف مقاومتين : التصادم بذرات الهواء وقوة الجاذبية . وفي الحالة

الثانية لم يكن هناك انتقال مادة من مكان الى مكان بل مجرد سلاسل من الأمواج منبعثة في الهواء . وعند ما تبعث أمواج في وسط بركة من الماء فانك لا ترسل ماء من مركز البركة الى الشاطئ . والشمس والنجوم ، انما تحدث أمواجاً في الأثير ، ومن ثم كان معدل سرعة السير ثابتاً . وطاقة الأمواج الصوتية أو الأمواج المائية تفنى بازدياد المسافة المقطوعة . وكذلك يجب أن تكون طاقة الأمواج الأثرية . وقد تكون إحدى الشمس المشرقة قائمة على مسافة بعيدة ولا تلوح لنا إلا كنجم ضئيل ، وربما كانت أمواجها الأثرية قد ضعفت في أثناء رحلتها الطويلة حتى عجزت عن أن تؤثر في جهاز أعيننا العصبي ، واننا انما ندرك وجود هذا النجم البعيد لأن هذه الأمواج الأثرية التي نقصت نقصاناً عظيماً لا تزال قادرة على التأثير في المواد الكيميائية التي صنع منها لوح زجاج فوتوغرافي .

ولا تكون أمواج الصوت ثابتة السرعة الا اذا كان الوسط الذي تنتقل خلاله ثابتاً . باختلاف درجة الحرارة في الهواء يغير معدل سرعة سير الأمواج فيه . وكذلك سرعة أمواج الأثير فانها ثابتة ما بقيت في محيطها الأثيري الخالص . في الحال في الفضاء الكوني بين النجوم ، على أنه عند ما تخرج هذه الأمواج من حدود محيط الأثير الخالص وتدخل في جونا تلاقى شيئاً من المقاومة ، وعند ما تدخل الماء يقل معدل سرعة سيرها قليلاً محسوسة وينقطع سيرها بتاتا لدى المواد المعتمدة .

لقد حاولنا في الأبواب السابقة أن نصور التركيب الذري للمادة والكهرباء دائرة في باطن الذرات ، والآن نتريخى أن نضيف

الى هذه الصورة ذلك المحيط العظيم الذى لا حد له من الأثير ،
والذى يحيط بالمادة جميعها ويتخللها . إنه فى هذا الأثير المحيط
توجد المجالات الكهربائية والمغناطيسية . ولذا كان علينا أن
لا نقتصر على تناول الكهربائية فى المادة بل وفى هذا الوسط
المحيط أيضا ، ولذلك يلزنا فى هذا الصدد أن نبحث قبل كل شئ
عن ماهية المغناطيسية .

الباب السابع

ماهى المغناطيسية ؟

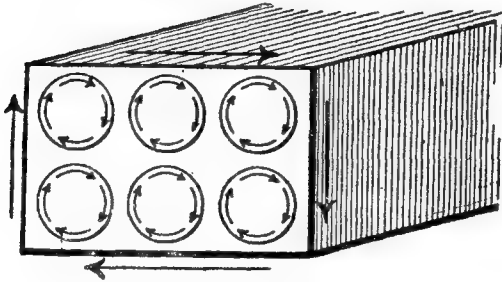
ما الذى يحدث المجال المغناطيسى ؟ - اضطراب أثيرى حقيقى - كيف تصبح قطعة من الحديد مغناطيسا - المغناطيسات الجزيئية - المغناطيس الدائم - حقائق شائعة عن تمغنط السفن الحديدية - أسباب التمكنط - محرك الموعد فى أثير مضطرب - كيف يكون جزىء الحديد مغناطيسيا - أشد أنواع المغناطيس فعلا - من أين تأتى الطاقة - بيان حقيقة الاضطراب الأثيرى - بعض رسوم خطوط القوى .

الرأى الشائع عن المغناطيس أنه ليس الا قطعة من الحديد أو الفولاذ ذات خاصية غريبة تجتذب إليها بيا قطعاً أخرى من الحديد العادى أو الفولاذ. على أنه قد أصبح من المألوف لأكثرنا ادراكاً أن ملف السلك الذى يمرى خلاله تيار كهربائى يسلك مسلك المغناطيس العادى بالضبط . (انظر الصورة المقابلة لصفحة ٧٣) .

وقد لا حظنا فى أحد الأبواب المتقدمة المجال المغناطيسى المستحدث فى الأثير حول مغناطيس . فلتسأل الآن عما يحدث هذا المجال المغناطيسى ؟ اذا أخذنا فى الأول حالة مجال مغناطيسى يحيط بسلك حامل تياراً كهربائياً تتصور تدفق مجرى الكهارب فى باطن السلك ، فان الكهارب تتلقفها الذرات واحدة بعد الأخرى . فهل يمكن أن هذا التحرك البسيط للكهارب يثير الأثير المحيط حتى يحدث مجالا مغناطيسيا ؟ . إن فكرة أن الأجسام المتكهربة المتحركة حركة منتظمة بسرعة عظيمة تحدث مجالا مغناطيسيا ليست بالفكرة الجديدة . ولقد كانت هذه حقيقة مسلما بها قبل استكشاف الكهارب ، ولذلك فانه حينما تقرر نظرية الكهارب أن المجال المغناطيسى ناشئ عن الحركة المنتظمة للكهربائية فى موصل ، لا نجد صعوبة فى قبول هذا الجانب من العقيدة . وكلما

زاد عدد الكهارب التى تمر فى زمن معين زاد الاضطراب الحادث فى الأثير المحيط . وما دامت جميع المجالات المغناطيسية ناشئة عن حركة منتظمة للكهارب فانا لا نتردد فى القول بأن هناك تدفقا منتظما من الكهارب فى باطن قطعة الحديد المغنطسة . وإذا لم يكن هذا هو الواقع لم يمكننا أن نحصل على المجال المغناطيسى المحيط بها . ولكن لا حاجة بنا الى الظن بأن الكهارب تسير حول كتلة الحديد أو الفولاذ مرة بعد أخرى ، لأننا سنرى أن الكهارب الدائرة حول ذراتها قد تحدث النتيجة نفسها فى ظروف خاصة . ولنعين أنفسنا على التخيل نشبه الذرات ومعها كهاربها الدائرة حولها بمصغرات من سيار زحل وحولها حلقاتها . ونرى فى الحديد ركاما من سيارات زحل هذه ، مجمعة معا ، غير أن حلقاتها واقعة فى جميع الاتجاهات على صورة تراكم مهوَّش مضطرب^(١) . فى مثل هذه الحالة تبعث الحركة المنتظمة لكهرب حول ذرة واحدة اضطرابا أثيريا مضادا تمام التضاد للاضطراب الذى تبعثه ذرة مجاورة يصادف أن تكون حلقتها فى مركز مضاد لمركز حلقة الذرة الأولى . فى هذه الحالة تكون جميع الذرات على حالة مهوَّشة مضطربة^(١) ، فالشغل الذى تعمله واحدة منها تعدله وتبطله واحدة أخرى ، وفى هذه الحالة لا تبدى كتلة المادة مجالا مغناطيسيا مطلقا . ولكن اذا استطعنا بوسيلة ما أن نرتب كل الذرات بحيث تصبح حلقاتها أو مداراتها المكوّنة من الكهارب كلها فى مستوى واحد فعندئذ لا بد أن نحصل على نتيجة كما هو مبين فى (الشكل ١) .

(١) حينما نصوّر الذرات فى حالة مهوَّشة مضطربة يجب أن نفهم أن لها فى هذا الاضطراب والخلل شيئا من النظام ، إذ الواقع أنها تنهى نفسها على شكل حلقات صغيرة أى مجاميع ثابتة . والنتيجة على كل حال ممكن أن توصف بأنها مضطربة مشوشة ، أو مقلوبة رأسا على عقب .



شكل (١) التهيئة الباطنية لمغناطيس فولاذي

في هذا الرسم ترى ست ذرات مداراتها الكهربائية موضوعة في مستوى واحد . ونفترض أن هذا مقطع قطعة من الحديد المغنطس .

نلاحظ أن هناك معادلا (Equivalent) لتدفق الكهارب حول المغناطيس ، وأن الأثير في هذه الحالة يضطرب بنفس الطريقة التي يضطرب بها إذا كانت الكهارب تدور فعلا حول قطعة الحديد مرة بعد أخرى بدلا من دوران كل واحد منها حول مداره الخاص . وعليه فالحال تكون بالضبط كما لو كان لدينا سلك ملف حول قطعة الحديد يسرى فيه تيار كهربى . واذن فلا بد أن يكون لدينا مجال مغناطيسى حول هذا السلك التوهمى . وإذا أسعطنا الجزء الخاص بالكهارب من نظرية المغناطيسية نقول أنها كانت مقبولة أبد جيلين أو ثلاثة . فقد اعتدنا أن نتصور أن كل جزيء من الحديد عبارة عن مغناطيس له قطب شمالي وآخر جنوبى . ونزعم أن المغناطيسات الصغيرة في الحالة العادية للحديد تكون على صورة مهوشة بحيث تبطل الواحدة منها فعل الأخرى ولا يظهر لها أثر مغناطيسى في الخارج . ولكن عندما يدلك الحديد بالمغناطيس ترغم هذه المغناطيسات الجزيئية الصغيرة على أن تدور وتجعل كل أقطابها الشمالية في اتجاه

واحد . ويستطيع ركام المغناطيسات الجزئية الصغيرة العاملة معا أن يحدث مجالا مغناطيسيا محسوسا فى الأثير المحيط . ونجد عند أحد طرفى قطعة الحديد أن كل الأقطاب الشمالية الجزئية متجهة الى الخارج ، وجميع الأقطاب الجنوبية فى طرفها الثانى متجهة الى الخارج أيضا . ومن ثم كانت قطعة الحديد المنفطس تنبذ قطبين متميزين : شماليا وجنوبيا . وإذا قطعنا المغناطيس قطعتين حصلنا أيضا على قطب شمالى فى أحد طرفى كل قطعة منهما وقطب جنوبى فى الطرف الآخر من كل منهما .

وقد سقت مشاهدات عدة لتأييد هذه النظرية الجزئية للمغناطيسية، إذ أنه عندما تكون جزيئات الفولاذ الصلب قد أدبرت بتأثير المغناطيس فانها لا تعود بسرعة الى مواضعها الأصلية ، ولذا نجد أن الفولاذ يبقى مغناطيسيا دائما . ونستطيع أن نحدث اضطرابا فى هذا الانتظام الجزئى بطرق الفلاذ أو بإحماؤه الى درجة الاحمرار . ففى الحالة الأولى نجد أن المغناطيس يصبح ضعيفا جدا بعد طرده طرقا شديدا . أما فى الحالة الثانية فانا نجد أن المغناطيسية تتلف تماما بفعل الحرارة فيها ، إذ تمكنت الجزيئات بواسطتها من العودة الى حالتها الأصلية من التهويش والاضطراب . وعند ما تبني سفينة حديدية تعمل أقطاب الأرض المغناطيسية على ادارة المغناطيسيات الجزئية للحديد حتى تكون كلها متجهة الأقطاب المغناطيسية نحو الشمال والجنوب . ومن المدهش أن دق مسامير البرشمة فى جسمها يعين المغناطيسات الجزئية بسرعة على مطاوعة جذب الأرض . وقد أجريت حديثا عدة تجارب على جسم سفينة بضاعة أثناء بنائها . ذلك أنه نظرا لحدوث اضطراب من جانب العمال البرشمية ، صفحت السفينة بأجمعها وثبتت كل الفواصل ، وجنى السطح حين لم يعمل من البرشام اللازم ، الا خمسة فى المائة

وقد دوّنت مذكرة دقيقة عن مغناطيسية السفينة . والسفينة في اعتبارنا الحالى عبارة عن قطعة من الحديد تحاول الأرض أن تمغطسها . وسنفرض أن مقدار المغناطيسية للسفينة كانت في هذا الطور خمسة وعشرين في المائة فقط من المغناطيسية المسببة عن الأرض نفسها . ولقد بقيت الأمور على حالها مدى شهر حتى عاد البرشمجية الى العمل ، وعندها وجدت المغناطيسيات الجزئية فرصة أفضل لاطاعة جذب الأرض . ففي الوقت الذى قام فيه البرشمجية بطرق أربعين في المائة من البرشام زادت مغناطيسية السفينة أكثر من ثلاثين في المائة ، واستمرت الزيادة فيها باستمرار الطرق .

لقد تناولنا سببين للمغناطيسية ، ويمكننا أن نسمى الأول المغناطيسية الطبيعية ، وهو الذى يتمغطس فيه الحديد بتأثير مغناطيسية الأرض . وهذا هو سبب وجود المغناطيسات الطبيعية ، أى أحجار المغناطيس (Lodestones) في الأرض . والسبب الثانى الذى سبق لنا الكلام عنه هو المغناطيسية المسببة عن ذلك الحديد بمغناطيس دائمى . وهناك وسائل أخرى للتأثير في هذه المغناطيسيات الجزئية الصغيرة ، مثال ذلك أننا اذا وضعنا مغناطيسا في جوار ملف من السلك يسرى فيه تيار من الكهارب (كما هو مبين في الرسم المقابل لصفحة ٧٣) فان المغناطيس يدور على الفور ويصير عموديا على وجه الملف . انظر الى الصورة وحاول أن تتصور أن إبرة المغناطيس في قطعة الحديد التى يحيط بها الملف السلكى عبارة عن جزئ مكبر تكبرا عظيما في قطعة الحديد المفروض أن الملف يحزمها . اذ ذاك نرى أن هذا الجزئ المكبر يدور حول نفسه عندما يمر التيار في السلك المحيط ، وليس من الصعب أن نتصور جميع الفضاء الموجود في الملف مملوءا مغناطيسات مماثلة

تنقاد جميعها لتأثير المجال المغناطيسى ، وبهذه الطريقة يمكننا أن نكوّن فكرة واضحة عما يحدث فى داخل قطعة من الحديد عندما يحيط بها سلك يحمل تيارا كهربيا .

فى الصورة المقابلة لتلك الصفحة نرى ما يحدث عند ما نضع محرك نار معتاد فى الأثير المضطرب داخل الملف ، تدور ركاب المغناطيسات الجزئية الموجودة فى جسم المحرك الحديدى بحيث تعمل متحدة ، ويصبح هذا الجيش المتكوّن من الجزئيات الصغيرة قادرا على حمل مقص من الحديد .

كل ذرة من المادة ، مهما كان نوعها ، متكوّنة من كهارب متحركة فى مدارات ثابتة . ولذلك نجد تأثيرات مغناطيسية فى كل مادة وإن كانت هذه فى أغلب الأحوال ضئيلة جدا . والتأثيرات المغناطيسية فى فلزى النيكل والكوبلت تكون واضحة تماما وإن كانت بدرجة أقل منها فى الحديد . وكثير من سبائك Alloys النحاس والمغنيس والألومينيوم تبدى تأثيرات مغناطيسية مناسبة ولكن الحديد فوق الجميع فلا بد أن تكون فى تركيب ذرة الحديد ميزة خاصة تؤثر فى الأثير بما هو أشد كثيرا من تأثير غيرها من الذرات . وقيل فى تعليل ذلك إن كهربا أو أكثر من الكهارب الموجودة فى ذرة الحديد يرسم مدارا أكبر بكثير مما يحدث عادة فى الذرات ، أو أن الكهارب ربما كانت تدور فى مستوى واحد . ليست حركة هذه الكهارب خاضعة لسلطان الانسان ، فهى تدور فى الحديد بلا انقطاع ، وكل قطعة من الحديد تشتمل على القدرة المغناطيسية ، ولكنها لا تظهر كما سبق أن رأينا ، ما لم تعمل المجالات المغناطيسية كلها فى مستوى واحد ، أى ما لم تكن جميع السيارات الزحلية الصغيرة بحيث تكون حلقاتها كلها فى اتجاه واحد . فى هذه الحالة يتغطس الحديد .

وإذا كانت قوة الحديد المغناطيسية حقيقة قوة ذاتية فلا غرو أن ينتظر الانسان أن يكون لقدرتها حد . ولقد وجد من زمان بعيد أن هذا هو الحاصل ؛ وقد اتضح لنا أن المغناطيسية ليست شيئا نضعه في الحديد كما نفعل عند ما نشحن جسما بالكهربائية . بل وجدنا في حالة المغناطيس أننا نصل بسرعة الى حد من المستحيل بعده تماما أن يزيد مقدار المغناطيسية ، ولذلك سمى الحد نقطة التشبع (Saturation Point) على أن التسمية ، ككثير غيرها لم يحسن اختيارها ، فان كلمة "تشبع" تبعث في الذهن تصورات عن تشرب الحديد شيئا . والواقع أننا نفهم بفضل ما يبعثه ضوء العلم الحديث أننا قد بلغنا الغاية اذ نجحنا في ادارة الذرات الزحلية الصغيرة أو وضعها في أحسن ما يمكن من الأوضاع ، اذ تمكنا بهذا من الحصول على أكمل ما يمكن الحصول عليه من الاتحاد في قواها الصغيرة .

ويتضح من هذا جليا أن أى نوع من المغناطيس يمكن أن نحصل منه على خير النتائج . اننا نحصل على مجال مغناطيسى من ملف سلكى يجرى فيه تيار كهربائى ، ولكن هذا يكون مجالا ضعيفا بالقياس الى غيره . ولكنه مع ضعفه قادر على أن يؤثر فى ملايين الملايين من القوى المغناطيسية الصغيرة المحتبسة فى قطعة من الحديد . وعلى ذلك تكون أحسن خطة نتبعها هى أن نضع ملفا من السلك حول قطعة من الحديد ونستيق تيارا من الكهارب جاريا فى السلك بواسطة بطارية أو أى مضخة كهربائية (Electric Pump) أخرى .

وسيتضح أن هذا الترتيب السابق من شأنه أن يعطينا أحسن نوع ممكن من المغناطيس . وبما أن جسيمات الحديد المطاوع أسهل تأثرا بالتيار من جسيمات الفولاذ الصلب فانهم يصنعون

قلوب المغناطيسات الكهربائية (Electro magnets) من الحديد المطاوع . ولهذا العمل منزلة أخرى ، لأنه عند ما يقف تيار الكهارب المتسيطر فى السلك تعود ملايين الملايين من القوى المغناطيسية الصغيرة الموجودة فى جسم الحديد الى وضعها الأول المهوش المضطرب ، وتمتحن آثار المغناطيسية جميعها . وعليه يكون عندنا مغناطيس يجذب الأجسام ويدعها تبعا للإرادة . ولقد شرحت التطبيقات العملية العديدة لهذه الظاهرة فى الكتاب الأول من هذه السلسلة كتاب "كهربائية اليوم" .

هذا ولا يصح لنا أن نكتفى باعتقاد أن القلب الحديدى المطاوع من المغناطيس الكهربائى يقتصر على تركيز المجال المغناطيسى المحيط بالملف فان المجال المغناطيسى الضعيف لللف يدعو القوى الباطنية فى الحديد المطاوع الى العمل الظاهر . قد يزيد المجال المغناطيسى حول ملف سلكى بزيادة مجرى الكهارب فى السلك ، ولكن طاقة المغناطيسية التى تتضمنها قطعة من الحديد ثابتة دائما وانما تختلف قوة المغناطيس شدة وضعفا تبعا لما تكون عليه تيارات كهاربه الذرية من حيث اتحادها فى العمل . وفى الحديد وغيره من الأجسام المغناطيسية نفترض أن مدارات الكهارب العاملة من الكبر بحيث يؤثر بعضها فى بعض عبر المسافة الحادثة بين الذرات ، والحديد من هذه الوجهة أسبقها جميعا . أما سبائك الدكتور هوسلر (Dr. Heusler) وهى التى ذكرتها فيما سبق ، فتأتى فى الدرجة الثانية دون الحديد بمراحل . ويأتى الكوبالت والنيكل فى الدرجة الثالثة على بعد سمح . وقد حاولت فى الرسم المدرج أمام صفحة ١٧٤ أن أبين أن المجال المغناطيسى هو اضطراب أثيرى حقيقى . ترى محركا حديديا معتادا موضوئا على مسافة ما من مغناطيس كهربائى .

كبير ، ومع ذلك فإن جسيمات المحرك الحديدي المطاوع تتأثر بفعل الأثير المضطرب حتى ليستطيع رفع مفتاح رغم قوة الجاذبية الأرضية . وليس للهواء المتخلل يد في نقل القدرة لأن التجربة ممكن اجرائها في فراغ . ويوجد اضطراب أثيرى حقيقى حول المغناطيس الكهربائى الكبير ، ولهذا الاضطراب الأثيرى تأثير حقيقى فى الحديد . فانه يدعو ملايين الملايين من المغناطيسات الجزيئية الصغيرة التى يتضمنها الحديد الى الاصطفاف بعضها مع بعض وتوحيد قواها .

وفى الصورة الفوتوغرافية الثانية ترى مفتاحا مجذوبا الى أعلى نحو المغناطيس بواسطة الاضطراب الأثيرى . ولن يدور بخلد أحد أن الأصبع قد مغطس بل انه هناك ليمنع المفتاح من الوصول الى المغناطيس ، وإذا كنا نربط مفتاحا بخيط ونثبتته فى الأرض فاننا نرى المفتاح معلقا فى الهواء اذ يقوم الخيط فى هذه الحالة مقام الأصبع فى الرسم .

وقد صوّر فارادى (Faraday) خطوط القوة (Lines of Force) الحادثة فى الأثير حول مغناطيس قبل ظهور نظرية الكهارب بزمان طويل . ولكى نبين وجود هذه الخطوط يمكن الانسان أن ينثر برادة حديد على قطعة من الورق فاذا ما وضع قطب مغناطيسى تحت الورقة ترتب البرادة نفسها على خطوط القوة هذه وفى الصورة الفوتوغرافية المقابلة لصفحة ٩٨ نقلت بعض أشكال حصل عليها بهذه الطريقة بعض طلبة الكلية الصناعية فى كلاسكو وغربى اسكتلندا . ولكى تبقى البرادة فى المواضع التى تتخذها تغطى الورقة بطبقة من شمع البرافين ، وبعد تكون الأشكال تسخن الورقة لتلتصق البرادة بشمع البرافين عند ما يبرد. على اننا نجد

فى هذا الرسم بيانا آخر لطائفة من الجزيئات قد أدنيت من طائفة أخرى الى مدى جزئى بحيث تستطيع أن تجذب بعضها بعضا بقوة التماسك .

فى الباب الحالى تناولنا اضطراب الأثير الناشئ عن حركة الكهارب المطردة . فذكرنا أن تحرك الكهارب على امتداد سلك ما يحدث مجالا مغناطيسيا حول السلك . وسيكون مما يلذ القارئ أن يرى ما يحدثه ابتداء حركة هذه الكهارب من الأثر فى الأثير المحيط بها .



الباب الثامن

معلومات أخرى عن الكهارب المتحركة

في المادة تحول شديد من حيث الحركة - الحركة الدائمة بدرجة مكبرة - المادة المتحركة تأبى الوقوف - الكهارب المتحركة - الكهارب تتركز في الكهارب الأخرى البعيدة خلال وسط الأثير ، صعوبة في المواصلات التليفونية تستوقف النظر - الأثير يحمل الطاقة - وغليقة السلك التلغرافي - قياس تمثيل للتأثير الكهربي - بعض تجارب لاسلكية - التأثير الذاتي - الكهارب المتأثرة بمجال مغناطيسي متحرك - الاستكشاف الغايم لفارادي - كيف يحدث التيار المغناطيسي بواسطة دينامو .

تساعدنا اختباراتنا اليومية على ادراك أن المادة جميعها شديدة التحول ، فهي تتطلب استخدام القوة لكي تبدأ في الحركة . فعربة اليد مثلا تصادف عجالاتها من الاحتكاك بالأرض ما يجب تذليله لتسييرها ، بل وعند تحركها تحتاج الى استعمال القوة لاستمرار تحركها . وصاحب العربة يدرك هذا وان لم يكن يفكر في السبب .

ويصدق هذا تماما على المادة جميعها من وجهة أخرى ، فهي اذا ما تحركت أثبت الوقوف .

نعم إن صاحب العربة يجد من الصعب أن يؤمن بهذا ، لأنه يرى نفسه يجهد كل عضلاته لاستمرار تحركها ولكن هذا ناشئ عن الاحتكاك العظيم بين العجلات وسطح الطريق . دعه ينقل عربته على قضبان الترام فانه يجد أن نصف هذا الحمل قد اختفى . ومن الجلي أن الاحتكاك قد نقص نقصا عظيما لأنه لا يجد نفس المقاومة التي كانت تلقاها حركة العجلات . ودعه يفصل عجلات العربة عنها ثم يحاول أن يحزها فيانه يجد أن من المستحيل عليه أن يحركها .

وقد يميل صاحب العربية عندئذ الى التسليم على الأقل بأن هناك مقدارا عظيما جدا من الأمر يتوقف على المقاومة الاحتكاكية وان لم يكن قادرا على تصديق القول بأن المادة كسول عن وقف الحركة بقدر كسلها عن الشروع فيها .

والسيارات السماوية لا تصادف احتكاكا أو مقاومة في مسيرها الطويل حول الشمس، ولذا فانا نرى من حركتها المستمرة نوع الحركة الدائمة . ولكنني أشفق مع ما تقدمه الطبيعة من هذا البيان العظيم ، أن لا يصدق ذلك العامل المجهد أن عربته كانت تستمر في التحرك من تلقاء نفسها لولا ما تصادفه من المقاومة الناشئة عن مؤثرات خارجية .

واذا تمثلنا رصاصة مطلقة من بندقية قوية أمكننا أن ندرك أنها متى خرجت في طريقها أبت أن تقف . والواقع أن الرصاصة ما لم تصادف حائلا ذا مقاومة عظيمة يعترضها فانها تشق لها طريقا في الحائل نفسه، وفي النهاية تعود الرصاصة الى حالة السكون بفعل مقاومة الهواء لها، وجاذبية الأرض التي تشد الرصاصة الى الأرض . والحقيقة أن اعتيادنا رؤية جميع الأجسام المتحركة تعود الى حالة السكون هو السبب الوحيد في أننا نجد صعوبة في ادراك أن هذه الحالة إنما تحدث بفعل تدخل قوات خارجية . وإذا بحثنا الموضوع جذيا أدركنا سريعا أن المادة في ذاتها كسول عن الوقوف عن الحركة بقدر كسلها عن النهوض الى التحرك . وقد سميت هذه الخاصية المادية بالقصور الذاتي (Inertia) .

كل ما قيل حتى الآن عن المادة المعتادة يصدق على الكهارب الخفية . فان لها نفس خاصة القصور الذاتي هذه ، فهي قاصرة قصور المادة ، وتحتاج الكهارب كذلك العربية اليدوية الثقيلة

الى بذل طاقة اضافية لحملها على التحرك واذا تحركت فلن تقف حتى تستعمل لذلك قوة خارجية أيضا . عند ما خرجت الكهارب الطائرة من الأنبوبة الفراغية من نافذة الألومينيوم كانت تتحرك بسرعة عدة آلاف من الأميال في الثانية ، ومع ذلك فقد تعطلت عن السير على مدى بوصة واحدة من النافذة المذكورة بسبب مقاومة جسيمات الغازات المكونة للهواء . ولولا ذلك لما وقعت الكهارب من تلقاء نفسها . وكما نرى حركة دائمة في الأجرام السماوية كذلك نرى بعين البصيرة حركة دائمة للكهارب في باطن الذرة حيث لا تصادف مقاومة أصلا . فهي في حركة ولا تميل الى الوقوف وليس هناك ما يقفها .

والآن فلننظر ماذا يحدث اذ نبعث أو نقف تيارا كهربيا في سلك من الأسلاك . نجد أنه اذا كان في جواره سلك آخر ، وكان هذا السلك واقعا على موازاة الأول حدث اضطراب للكهارب في هذا السلك . وفي كل مرة يبعث التيار ويوقف في السلك الأول ينشأ عن ذلك تيار وقفي في السلك الثاني . ولقد وجدت شركات التلفون من هذه الظاهرة عناء في أول الأمر . فقد كان في مرور سلكين متوازيين على عمود واحد ما يمكن شخصا ثالثا من تسمع الحديث الذي يجري على السلك المجاور بين مشتركين . ولذلك رأى مهندسو التلفون أن من الضروري أن يجعلوا مذ أسلاك الخطوط بطريقة خاصة بحيث تتقاطع الأسلاك من جانب الأعمدة الى الجانب الآخر حتى لا تكون الأسلاك متوازية . على اني انما أتكلم عن التلفون أيام كان يشغل على خطوط مفردة وعلى دائرة كهربائية أرضية . أما وقد استعملت الآن دوائر معدنية كاملة فلا يظهر هذا العيب الا على الخطوط البعيدة المدى . وأذكر أني سمعت الواقعة المهمة الآتية ، وقد حدثت منذ عشرين سنة :

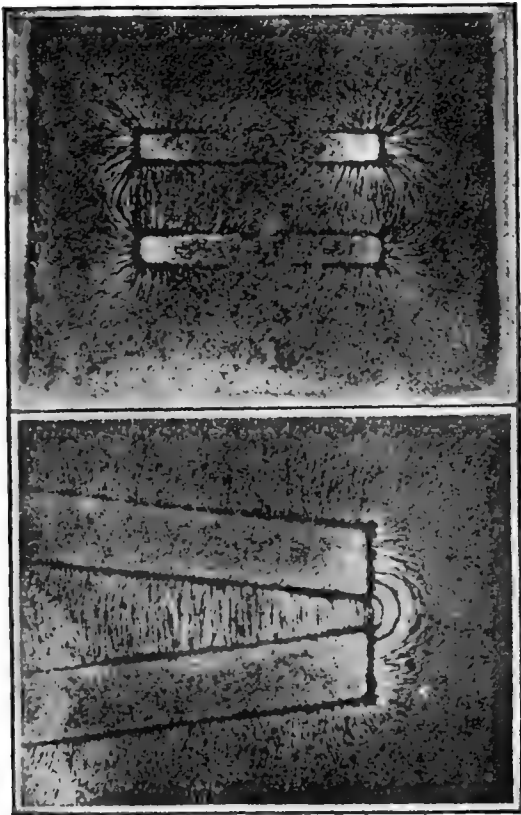
شكا بعض مشتركي التليفون في لندن وجود صوت تكتكة في مسراتهم (تلفوناتهم) وكانت هذه الأصوات تقلق المتخاطبين أثناء الحديث . وقد وجد بالبحث أن خطوط هؤلاء المشتركين كانت تمر على استقامة شارع وضعت تحته بعض أسلاك تلفرافية ، فلم يكن ثمة شك في سبب هذه التكتكة المقلقة إذ لا مشاحة في أنها كانت اشارات تلفراف مورس (Morse) المعروف وكانت أسلاك التليفون على أعمدة مقامة في أعلى أبنية مرتفعة . أما أسلاك التلفراف فكانت مدفونة في الأرض ، ومع ذلك فإن تيار الكهارب في الأسلاك الأرضية كان بلا شك داعيا كهارب أسلاك التليفون العالية الى التحرك . فكيف استطاعت الكهارب في أحد السلكين أن تؤثر في كهارب السلك الآخر ؟ انما تم ذلك باضطراب الأثير المتدخل الذي يثير في دوره كهارب السلك الآخر .

وقد يحسن أن نذكر في هذا المقام أنه حتى في الحالة البسيطة — حالة تيار كهربائي يجري في سلك مثلا الى آلة تلفراف بعيدة ، أو الى جرس كهربائي — تنتقل الطاقة فعلا خلال الأثير المحيط بالسلك . إنه لا توجد المجالات الكهربية والمغناطيسية أى خطوط القوة الا في الأثير ، وان هاتين القوتين بعملهما معا تدعوان الطاقة الى الانتقال بواسطة الأثير المحيط بالسلك . ومن المعتاد أن يقال ان سلك التلفراف يعمل بمثابة دليل للاضطراب الأثيري . على أن السلك أكثر من أن يكون دليلا فقط ، لأن الكهارب لا يتحرك الا في باطن السلك ، وبذا تثير الأثير المحيط بحركة مجالاتها الكهربية والمغناطيسية . واذا عدنا الى الكلام عن سلكين موضوعين على التوازي نجد أننا عند ما نحث الكهارب في السلك الأول يحدث في السلك الثاني ، أى يتولد بالتأثير ، تيار كهربي وقى . على أن هذا الاضطراب لا يحدث في السلك الثاني الا في اللحظة التي تبدأ فيها الكهارب

أو تقف في السلك الأول . ومما يسترعى الملاحظة اتجاه هذه التيارات الوقفية . ولتسهيل الموضوع نورد لك مثلاً للتشبيه :

إذا كان أحد الركاب واقفاً في عربة قطار أو ترام غير متحرك وتحركت العربة على حين بغتة إلى الأمام فإن الواقف تصيبه دفعة إلى الوراء أي إلى الجهة المضادة لاتجاه القوة التي تحدث هذه الحركة الأمامية في العربة . وبطريقة شبيهة بهذه تعاني الكهارب في السلك الثاني دفعة إلى الوراء في الجهة المضادة للتيار المتسيطر في السلك الأول . كذلك إذا كان قطار أو عربة يسير بسرعة معتدلة ثم وقف بغتة فإن الراكب الواقف فيها يندفع إلى الأمام في الاتجاه الذي كانت تسير فيه هذه العربة . وبهذه الطريقة عنها تتلقى الكهارب في السلك الثاني حركة أمامية عند ما يقف التيار في السلك الأول . وقد يلقي الراكب أذى من وقوف القطار بغتة أشد مما يلقي من سيره بغتة . ففي الحالة الأولى يكون تغير الحركة أعظم . إذ قد يكون القطار سائراً بسرعة أربعين ميلاً في الساعة حين تنزل حركته إلى الصفر بغتة . ولكن عند الابتداء من الصفر يكون التغير تدريجياً لأنه يستحيل أن تنتقل حركة القطار من صفر إلى أربعين ميلاً في الساعة دفعة واحدة . وكذلك الأمر في الكهارب فإنه عند ما تقف الكهارب بغتة في السلك الأول يكون تأثير ذلك في التأثير المحيط أكبر بكثير منه حين بدأت في التحرك . وعليه فإن التيار الوقفي المستحدث في السلك الثاني بسبب وقوف التيار المسيطر في السلك الأول أهم بكثير من التيار الآخر ، إلى درجة أننا نستطيع أحياناً أن نفعل التيار الوقفي الناشئ عن البدء في الحركة .

وما دام التيار الكهربائي جارياً بانتظام في السلك فإنه يوجد مجال كهربائي مغناطيسي منتظم في التأثير المحيط به ، ولكن كهارب



خطوط قوة حول مغناطيس

الصورة الفوتوغرافية المدرجة فوق هذا تبين كيف ترتب برادة الحديد نفسها على
مدى خطوط القوة المحيطة بمغناطيس .

السلك الثانى لا تتأثر بحال من الأحوال ، وإنما تندفع الكهارب فى السلك الثانى بحركة وقتية فى اللحظة التى يحدث فيها الشروع والوقوف فى كهارب السلك الأول .

ومن الطبيعى أن يسأل الانسان عن المسافة التى قد يتعدها سلك عن سلك ، ومع ذلك يستطيع معها تحريك كهارب السلك الثانى . نبح سىرويليام بريس (Sir William Preece) يوم كان يشغل رئيسا للمهندسين فى ادارة البوستة البريطانية فى استحداث تيار بالتأثير ، بهذه الطريقة حينما كان السلكان المتوازيان على مسافة بضعة أميال . وكان هذا العمل من أسبق الطرق فى التلغرافية اللاسلكية ، ولكنها لم تستطع أن تعمل على المسافات العظيمة . لأنه كلما زادت المسافة بين السلكين المتوازيين كان من الضروري زيادة طول السلكين نفسيهما . وقد كان يمكن التغلب على هذه الصعوبة لو أمكن أن تعمل الأسلاك الطويلة عملها اذا هى طويت على شكل ملفين عظيمين . على أن هذا مستحيل ، اذ يتركز جميع الاضطراب الأثيرى ويعود فيؤثر فى كهارب أخرى فى نفس الملف ويحدث عندنا ما نسميه بالتأثير الذاتى (Self-Induction) وقبل أن تؤثر الكهارب الموجودة فى أحد الملفين فى الملف الثانى يجب أن يكون الملفان قريبين بعضهما من بعض . وعندنا تطبيق عملى عن الفعل الذى يحدث بين ملفين متجاورين فى ملف التأثير السالف الذكر والذى قد أصبح مألوفاً لدى أغلب الناس لعلاقته باحداث الأشعة السينية . إن الذى نريد أن نلاحظه فى الوقت الحاضر هو أن التيارات الوقتية فى الملف الثانى تحدث من احداث مجال مغناطيسى والغائه ، أو بعبارة أخرى بواسطة مجال مغناطيسى متحرك . وفى المسألة التى كنا بصددنا عندنا تيار كهربي بدئى ووقف على عجل فى ملف من السلك . ففى كل مرة تبدأ فيها

الكهارب بالحركة يحدث حول السلك مجال مغناطيسي يزول عند ما تقف الكهارب عن الحركة. ويصح أن نتصور أن خطوط القوة المغناطيسية في هذه الحالة قد أبرزت إلى الخارج بغتة من السلك ثم سحبت. ولكن أى مجال مغناطيسي متحرك يؤدي نفس الغرض؟ فقد نحرك مغناطيسا فولاديا بسيطا في جوار ملف من السلك ونستحدث بالتأثير نفس التيارات الوقتية في الملف. وقد ندع المغناطيس ساكنا ونحرك ملف السلك في المجال المغناطيسي وخارجا عنه، وتكون النتيجة واحدة في كلي. ذلك كان الاستكشاف العظيم الذي اهتدى إليه ميشيل فارادى، فانه لما كان يجري بعض تجارب في المعهد الملكي بلندن في سنة ١٨٣١ استكشف انه عند ما حرك ملفا من السلك بين قطبي مغناطيس استحدث بالتأثير تيارا كهربائيا في الملف. وتصور فارادى الملف المتحرك قاطعا خطوط القوة المغناطيسية فكانت النتيجة حدوث تيار كهربائي وقى بالتأثير في ملف السلك. أما اليوم فاننا نتصور لذلك صورة أشد تفصيلا: نرى بالتخيل كهارب تتحرك حول ذرات الفولاذ فيما يسمى بالمغناطيس الدائم. وهذه الكهارب المتحركة تحدث اضطرابا في الأثير المحيط فتنتج تلك الحالة التي نسميها المجال المغناطيسي. ثم إنه عند ما يغمر ملف السلك على عجل في هذا الأثير المضطرب نرى نشاطا بغائيا بين الكهارب المحيطة بذرات النحاس في السلك. وتدفع الكهارب من ذرة إلى ذرة، وهذه الكهارب المتحركة تكون ما نسميه التيار الكهربائي.

وظاهر أنه لا يهم مطلقا سواء حركنا ملف السلك في جوار المغناطيس أم حركنا المغناطيس في جوار الملف. والأسهل عادة أن نحرك الملف وندع المغناطيس ساكنا.

ويلد الإنسان أن يتخيل صورة ذهنية واضحة للطريقة التي تسلكها الكهارب في ملف سلكي عند ما يدخل المجال المغناطيسي ويخرج منه. إذا وضعنا نصب أعيننا المثل التقريبي السابق ، مثل الراكب الواقف في عربة القطار المرتج ، نتصور الكهارب في السلك المتحرك تعاني هزة بغائية في اتجاه معين عند ما تدخل المجال المغناطيسي ثم هزة بغائية في الاتجاه المضاد عندما نترع السلك من المجال المغناطيسي . وقد رأينا التأثير الذي يحدث في سلك عند ما تدفع الكهارب فجأة الى الحركة وتقف في سلك مجاور. وجدنا في هذه الحالة أن الأثر الناشئ عن الوقوف المفاجئ للكهارب كان أعظم بكثير من الأثر المسبب عن الابتداء التدريجي . ولكن الظروف في هذه الحالة مختلفة اختلافا تاما . فان الكهارب المنتجة للمجال المغناطيسي في حركة دائمة منتظمة داخل المغناطيس الفولاذي ، وانما الذي يدخل في مجال مغناطيسي فجأة ثم يسحب هو كهارب السلك النحاسي . ودرجة المباغته التي تدخل بها الكهارب في المجال المغناطيسي كدرجة المباغته التي تخرج بها من هذا المجال تماما ، ولذا فان الكهارب في هذه الحالة تندفع من جهة واحدة ، كما تندفع في الجهة الأخرى تماما واذا ظل الملف دائرا بانتظام بحيث يدخل السلك في المجال المغناطيسي ويخرج بسرعة ثابتة تحدث حركة منتظمة للكهارب في السلك تندفع فيها للأمام وللخلف . هذا الترتج السريع الى الأمام والخلف في الكهارب هو ما نسميه تيار الكهربائية المتغير .

والدينامو (Dynamo) عبارة عن آلة بسيطة فيها ملف سلك يسمى الدرع (Armature) يدور بسرعة بين قطبي مغناطيس قوى ، ويوجد في درع جميع أنواع الدينامو ذلك التيار المترج أو المتبادل

أى تموج الكهارب للأمام والخلف . وقد نستطيع كما شرحنا عندما تناولنا الجانب العملى لهذا الموضوع فى الكتاب الأول من هذه السلسلة وهو كتاب « كهرباء اليوم » أن نسحب هذا التيار المترجى الى المصّب main الكهربائى أى الأم أو أن نستطيع بواسطة محول كهربائى Commulator أن نحمل هذا التيار المتبادل فى الدرّع على أحداث تيار مباشر فى المصّبات أى الأمهات الخارجيّة .

والدينامو خير وسيلة استكشفت لدفع الكهارب الى الحركة على نطاق واسع . واذا كنا لا نريد الا تيارا صغيرا فالأسهل أن نبعث الكهارب على الحركة بالوسائل الكيماوية كما فى البطارية العادية ، أما اذا أريدت تيارات كبيرة فلا بد من الاعتماد على الحركة الآلية للدينامو .

فى البطارية نجد الطاقة الكيماوية تتحول الى طاقة كهربائية ، أما فى الدينامو فانا نجد الطاقة الآلية تتحول الى طاقة كهربائية . فمن الطبيعى والحالة هذه أن نتساءل : ما كنه الطاقة ؟

الباب التاسع

ما هي الطاقة ؟

الطاقة في أشكال مختلفة — تعريف الطاقة — نقل الطاقة — الطاقة نقطة كالمادة لا تفنى — معنى الطاقة الحركية والطاقة الموضعية — الطاقة الحرارية — الطاقة الادرارية للعضل — الحركة — لماذا لا تتخطى درجة حرارة الماء نقطة الغليان — تحول الطاقة — الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية — حفظ الطاقة .

كان الممثل المتشكى الذى يظهر فى صور مختلفة ، من عوامل التسلية لأجدادنا ، بل لا يزال يبدو فى عصرنا هذا فى الحفلات . كان هذا النوع أحيانا يمثل أربع شخصيات مختلفة أو خمساً فى فصل واحد . يكون أمام الجمهور فى زى غلام عابث "شقي" ثم تراه يتصنع الاصغاء الى صوت جده آتياً صوبه ، فيجربى مختفياً وراء قطعة من أثاث الغرفة ثم ترى الباب قد فتح من فوره ، ودخل أمامك رجلاً عجوزاً ، وحقيقة كان يتغير ويتشكى بسرعة لا يكاد يصدق الإنسان معها أن شخصاً واحداً كان يمثل الشخصيتين . وكذلك الطاقة فانها تمثل متشكى عظيم ، فهى تبدو فى ثمانية صور مختلفة على الأقل وتغيراتها من حال الى حال تكون بغائية .

ان التعريف المعتاد للطاقة هو أنها المقدرة على أداء عمل ، ونقول إن شغلاً قد أدى عند ما يتغلب على قوة خلال حيز . وسلاحظ أن لكل من كلمتي "طاقة" (Energy) و "قوة" (Force) معنى مميزاً فى العلوم وان كنا نستعمل أحيانا فى الكلام العادى كلاهما للأخرى . القوة هى أى سبب يغير حالة سكون الجسم أو حالة انتظام تحركه فى خط مستقيم . والى هنا يمكننا أن نقول إن القوة هى الاستطاعة أو القدرة على دفع الأجسام الى الحركة .

ولكن هذا ليس كل أمرها . فانه اذا كان جسم متحركا بالفعل فانا نحتاج الى بذل شيء من القوة لوقفه . يحتاج الأمر الى شيء من القوة لوقف كرة قدم دفعت الى الحركة بكرة قوية . ولاعبو الكريكت يعرفون مقدار صعوبة وقف كرة مندفعة توا من مضرب لاعب قوى .

ونحن نعلم أن العبارة السابقة هي أول قانون للحركة وضعه في صورته البينة (سيراحق نيوتن) منذ أكثر من قرنين ، ومع أن قوانين الحركة الثلاثة التي وضع عبارتها نيوتن بوضوح تعرف بقوانين نيوتن ، فانه مما يلذ القارئ معرفة أن هذه القوانين انما استكشفها غاليليو الشيخ المسكين بعد ما قاسى أنواع الويل على يد محكمة التفتيش . ذلك انه في الوقت الذي وضع فيه نيوتن كتاباته الشهيرة على الحركة كان غاليليو في السجن تقريبا اذ أنه أمر أن لا يغادر داره ولا يقابل زائرا .

منذ سنة ١٦٤٨ أبدى مؤلف كتاب " السحر الرياضي " (Mathematicale Magick) أن نفس الانسان اذا استعمل خلال جهاز مناسب من العجلات والبكر يستطيع أن يقتلع شجرة بلوط عظيمة ، وإن كان يلاحظ أن قوة النفس ذاته ليست ذات فائدة عملية للقيام بهذا الغرض ، اذ أنها تتطلب مداومة استعماله مدى ستائة ألف سنة قبل أن يعطى الطاقة اللازمة بهذه الطريقة .

عند ما يكون لاعب الكرة على وشك أن يلكرها توضع الكرة ساكنة على الأرض ثم يعمل اللاعب حركة أمامية سريعة بقدمه ويفرغ طاقة عظيمة على الكرة . وفي البليارد مثل صالح جدا لبيان حالة نقل الطاقة من جسم الى جسم ، فان الكرة المتحركة بسرعة تضرب كرة ساكنة ضربة كاملة ، فعندئذ تنتقل الطاقة كلها فيما يلوح الى الكرة الثانية وتقف الأولى فجأة عن الحركة .

ولا يشق علينا ادراك أن الطاقة ممكن نقلها من جسم الى جسم ، ولكن هذا الانتقال لا يحدث بلا تحديد بدون حدوث فقد ظاهر .

تصوّر صفا طويلا من كرات البليارد موضوعة على خط مستقيم واحد وكل منها واقعة على مسافة صغيرة من جارتها . وتصور أن الكرة الأولى تضرب الثانية ضربة كاملة وتسلم اليها طاقتها وأن الثانية تُمرّ هذه الطاقة الى الثالثة وهكذا على طول الصف .

ولكن عندما تنتقل الطاقة الى الكرات البعيدة نشاهد نقصا خطيرا في مقدار الطاقة المبذولة ، وإذا كان الصف طويلا طولا كافيا فان الطاقة جميعها تتبدد نهائيا ، ولا يمكننا أن نقول انها انعدمت ، لأننا لا نستطيع أن نعدم طاقة أو نخلقها كما لا نستطيع أن نعدم أو نخلق الذاتيات الأخرى ، المادة والأثير . انا قد ألفنا القول بأنه لما خلقت الدنيا وضع مقدار محدود من المادة في هذا الكوكب ، ويجب علينا أن نألف كذلك القول بأنه قد وضع أيضا مقدار محدود من الطاقة في هذه الدنيا يوم خلقها . ولا يمكننا أن نزيد المجموع الكلى للمادة ولا أن ننقص منه ، وانما يمكننا أن نحولها من نوع الى نوع . وكذلك الأمر في الطاقة ، فاننا لا نستطيع أن نزيد في مجموعها الكلى أو ننقص منه بل انما نستطيع أن نحولها من نوع الى نوع .

قلنا إنه لما أمرت الطاقة التي انتقلت من أول كرة في البليارد الى ما بعدها فما بعدها وهكذا اختفت في النهاية ، فأين ذهبت ؟ لا بد أنها موجودة لأنها غير قابلة للفتاء . انها تحولت الى صورة من الصوت والحرارة . وستفهم هذا الأمر بوضوح اذا كنا نتناول أولا مختلف الأشكال التي قد تأخذها الطاقة .

ان أين الصور التي تأخذها الطاقة هي طاقة المادة المتحركة . ولا بد لنا من أسماء محدودة نطلقها على الطاقة في صورها المختلفة . ويمكننا أن نسمى هذه الصورة : طاقة الحركة (Energy of motion) ويتضح لك هذا المعنى اذا نحن ضربنا مثلاً ، فكرة البليارد في تحركها تكون لها طاقة حركة ، فتكون لها المقدرة على دفع كرات البليارد الأخرى الى التحرك^(١) .

عند ما نريد أن نمدّ سهماً بطاقة حركة نشدّ القوس ، ثم نطلقها فجأة ، فينطلق السهم به طاقة حركية بالغة ، والقوس هي التي دفعت السهم الى الحركة . ولذا فان القوس المتوترة لا بد أن يكون بها بعض طاقة . وقد تسمى هذه الصورة "طاقة التوتر (الانفعال) (Energy of Strain) ولكن بما أن التوتر (الفعلي) ليس ظاهراً في كل الأحوال فقد سميت هذه الطاقة باسم مميز : سميت الطاقة الموضعية (Potential Energy) ولكن هذه التسمية لا تبدو للانسان في أول الأمر واضحة الدلالة ، اذ الواقع أن الانسان قد يميل الى اعتبار أن السهم الطائر له أيضاً طاقة موضعية لما به من قدرة ولكن هذا يكون خطأ في استعمال الكلمة . إن الطاقة الموضعية هي الاسم المعطى لتلك الصورة من الطاقة التي لا يقتصر تمثيلها على التوتر أو بحدوث مسخ في الصورة ، بل تتعداه الى طاقة أى جسم موضوع في مركز يستطيع فيه أن يعمل شغلاً

(١) هذه الصورة من الطاقة تسمية خاصة أكثر تميزاً لها هي : الطاقة الحركية (Kinetic Energy) (كيناتيک) وهي مشتقة من كلمة كينو الأخرقية (Keneo) ومعناها أتحرك ، ولذا يسمى الفرع التمهيدى في علم الآليات ، الميكانيكا (Mechanics) — وهو الذى يبحث عن الحركات (كيناماتيک) — (Kinamatics) ونحن نلاحظ معنى الحركة في كلمة كيناماتوغراف (Kinematograph) وان كانوا يكتبونها في الغالب سيناماتوغراف (Cinematograph) —

إذا هو أطلق سراحه . فعند ما نرفع أثقال ساعة حائط قديمة مثلا فاننا نعطي بهذا الرفع الى الأثقال طاقة موضعية وان كنا لا نستطيع أن نزع وجود أى توتر فى هذه الحالة كما يحدث مثلا عند ما نلف زنبرك ساعة الجيب . ففى الحالة الأخيرة يكون التوتر الحادث فى الزنبرك ظاهرا جدا ونقول ان له طاقة موضعية . وظاهر أنه يمكن تحويل الطاقة الموضعية الى طاقة حركية ، وبعبارة أخرى ان طاقة الانفعال يمكن تحويلها الى طاقة الحركة . راقب القوس المتوترة والسهم والأثقال المرفوعة واقعة عند ما تخلى اليد منها وهكذا . وفى ظنى أننا اذا فهمنا أن جميع صور الطاقة تأتى فى واحدة من هذين الفريقين من الصور أمكن تسهيل الأمر على الذهن . فالطاقة اما حركية أو موضعية ، فان القدرة على القيام بشغل لا يمكن أن يحصل عليها الجسم الا اذا كان فى حركة أو فى حالة انفعال ، وقد نتكلم عن طاقة جذب الأرض ولكن ليس هذا فى الحقيقة الا تفريع ، اذ يظن أنها انفعال فى الأثير . فنحن نشد المجربين به عن الأرض والأرض تشده اليها بالتالى .

وتأمل حركة أى رصاص «بندول» فعند ما يكون معلقا فى سكون لا تكون به طاقة ولكنا عند ما نشده الى أحد الجانبين نرفع طرفه الممثل ضد جاذبية الأرض ، ونبدل شيئا من الطاقة فى سبيل ذلك . وفى هذه الحالة نكون قد أعطينا البندول طاقة انفعال أو طاقة موضعية تتحول عند ما يخلى سراح الرصاص الى طاقة حركية . وبلاحظ أنه أثناء سقوطه يفقد طاقته الموضعية على التدريج ويكتسب طاقة حركية ، تتحول الى ما وراء موضع سكونه ويرتفع فى الجانب الآخر المقابل لما بدأ منه . وكلما ارتفع يفقد طاقته الحركية على التدريج ويكتسب طاقة الانفعال ، حتى اذا بلغ أعلى نقطة فى ترمجه يكون قد فقد طاقته الحركية جميعها ، ولا تكون به الا طاقة موضعية ،

ثم يمر في نفس حلقة التجولات ثانية . وتسرى نفس قوانين الحركة هذه سواء تناولنا كتلا منظورة من المادة أم جزيئات وذرات غير منظورة . فان هذه الحركة الترجحية للبندول تمثل حركة الذرة المهتزة . فالذرة تشتمل على طاقة متغيرة على الدوام من حركية الى موضعية كما رأينا البندول بالضبط . وقد سبق لنا أن رأينا أن درجة حرارة الجسم ترجع لمعدل سرعة اهتزاز ذراته . ولذلك نسمى طاقة الذرات المهتزة " بالطاقة الحرارية " (Heat Energy) فالطاقة الحرارية ليست الا حركة اهتزازية مصغرة جدا ولكن هذه على كل حال صورة من الطاقة متميزة عما سبق . فلتتبع ما يحدث من التحولات حتى نصل الى الطاقة الحرارية . نضرب مثلاً : مطرقة ثقيلة مرفوعة فوق قطعة من الحديد . المطرقة وهي مرفوعة بها طاقة موضعية وعند ما تحلى تبدى طاقة حركية تختفى عند ما تقع المطرقة المتحركة على الحديد . على أننا نجد أن درجة حرارة الحديد قد ارتفعت ، اذ تكون ذراته قد زادت طاقتها . واذا ضاعفنا هذا الاثر بتكرار الطرق تصبح الزيادة في الطاقة الحرارية واضحة جدا . ولكن درجة الحرارة ترجع بعد ذلك تدريجاً الى الدرجة المعتادة . فأين ذهبت هذه الطاقة ؟ يمكننا أن نقول انها تبددت أو تسععت في الفضاء ، ولكن لا مشاحة في أنها مع ذلك موجودة وان كنا قد لا نستطيع تبينها حتى بأقوى الأجهزة .

ومن الجلي جدا أن المطرقة عند ما تقع على قطعة من الحديد وتسخنها لا يكون هناك الا تغير في صورة الطاقة . أما الطاقة الابتدائية فلم تضع ، فقد تسرى هذه الحرارة بوسيلة ما الى أجسام أخرى يكون الحديد متصلاً بها ، ولكنا نجد في النهاية أن الحرارة قد تسععت في الفضاء . وهنا نعجز عن تقصيصها . انما نستطيع

أن نقول انها انضمت الى الخزان الأعظم للطاقة غير المتفع بها . وقد تصور أنها ذهبت لتزيد فى حرارة كوكبنا كما يتصور الواحد ارتفاع مستوى البحر فى الدنيا عند ما يزيد على المحيط ملء دلو من الماء . ولا أدرى كم منا من أدهشه فى أبحاث صباه أن الماء فى الضغط الجوى العادى لا يمكن أن تزيد درجة حرارته على ٢١٢ درجة بمقياس فهرنهايت (١٠٠ درجة مئوية) انى لا أزال أتذكر حيرتى فى أمر هذه المسألة وزعمى اذ ذاك أننا اذا استمرنا فى اضافة حرارة الى الماء بعد بلوغه درجة الغليان أمكننا أن نجعله أشد حرارة . على أن حل أمثال صعوبات صباهنا هذه بسيط جدا . فان الماء عند ما يتخطى العلامة التى تسمى درجة الغليان ، لا يكون ماء سائلا بل يصبح بخارا . وبعبارة أخرى ان جزيئات الماء يمكن أن تتماسك بعضها مع بعض الى درجة محدودة من الاهتزاز ولكنها اذا تجاوزت ذلك ذهب تماسكها فتبقى الجزيئات فى حالة السيولة الى درجة الغليان . أما بعد ذلك فانها تنتقل الى حالة الغازية . على أن انطلاق الجزيئات هذا لا يحدث الا على السطح الخالص للماء ، ولذلك يبقى جرم الماء جميعه فى درجة الغليان ، وكل زيادة فى الحرارة تعمل على اطلاق الجزيئات عند السطح . ومن البدء حتى درجة الغليان نرى تحولا بسيطا فى الطاقة الحرارية من ينبوع الحرارة — النار مثلا — الى جزيئات الماء . وبعد ذلك يلوح كأنما يحدث اختفاء لمقدار من الطاقة ، ولكننا نعرف أن هذه الطاقة تبذل فى تفريق الجزيئات بعضها عن بعض حتى لا تستمر على التماسك بعضها ببعض فى حالة سيولة ، بل تصبح مفترقة على الحالة الغازية للسادة . ونعرف جيدا أن هذه الطاقة لا يمكن أن تكون قد اختفت فى الحقيقة ، ولذلك نقول إنها تحولت الى حرارة كامنة (Latent Heat) .

على أنا نشك في صلاحية كلمة حرارة كامنة، فقد تؤدي معنى صورة الطاقة الحامدة وهذا لا يمكننا في الواقع أن نتصوره. حقا إن هذه الطاقة لا بد أن توجد على صورة حركة في شكل من الأشكال. وعندنا مثل هذا الشك في الطاقة الموضعية. فإن الطاقة في هاتين الحالتين لا يمكن أن تكون نائمة بل لا بد أن تكون هناك حركة، وإن كانت وراء علمنا. إذا قرأ الانسان مقالة المرحوم الأستاذ تيت (Tait) عن الميكانيكات في دائرة المعارف البريطانية يجد أنه كان متأثرا بفكرة أن الحركة لا بد أن تكون محتبسة بشكل خفي في الحالة التي نسميها الطاقة الموضعية.

وذهب البعض الى أن الطاقة العضلية مسببة عن حركة العضل الاهتزازية. ولقد بين الدكتور ولاستون (Dr. Wallaston) منذ قرن أن العضلات تهتز اذا هي بقيت في حالة توتر. وقد استقصيت الاهتزازات في عضلات شخص يحمل وزنا ثقيلًا بأن وضع الملاحظ أذنه على العضلات فوجد أن هناك صوتا محدودا يسمع اذ كانت العضلة المهتزة تعمل كشوكة رنانة في صورة معدلة. والأبحاث الفسيولوجية الناتجة من هذه الحقائق شائعة جدا ولكن كل مايسعه مجال الكلام هنا هو ملاحظة أن العضلات المتقبضة تكون في حالة حركة فعلية.

أين نجد حالة السكون؟ مما رأيناه في صدد تركيب الذرة يتضح أن وجود الذرة نفسه يتوقف على الحركة المستمرة السريعة للكهارب فيها. تذكر مثل الكنيسة الذي أوردناه في ختام الباب الثالث ثم في مفتتح الباب الرابع. هناك نرى مجرد حفنة مبعثرة من البقع أو النقاط شاغلة كل مكان الكنيسة بدوام تحركها. جردها من الحركة، هنالك يمكننا أن نتصور النقاط كلها مألثة وعاء صغيرا

بعد أن كانت تملأ فراغ الكنيسة كلها . فأى مقدار من الذرة هو حركة فعلا ؟ وثانيا ، اذا كان الكهرب على زعمهم ليس فى الحقيقة الا الأثير، فى حالة حركة، أو أنه كما فى نظرية مندليف جسيمات من الأثير، فكم من الكهارب الأساسية حركة ؟ . ان كون الطاقة لا يمكن خلقها ولا يمكن فناؤها يساعدنا فعلا على ادراك أنها شىء حقيقى .

وستناول واحدة أو اثنتين فقط من الصور الظاهرة للطاقة . نحن لا يمكننا أن نفعل الطاقة الكيماوية، فان من المؤكد أن فيها لذة لنا، لما نراه على الدوام من نباتاتها . نحن نعرف أن كثيرا من المواد تتحد بطريقة هادئة وبلا اعتراض . وعندنا حالة من قبيل هذه تحدث عند ما تقع طاقة أمواج الضوء على المواد الكيماوية . ولكنا من جهة أخرى نعلم بحدوث اتحادات كيماوية فعالة جدا فى اسطوانات السيارات الحديثة التى تسير بالبترول، ونعرف أن كل التفرقات مسببة عن الاندفاع الفجائى للذرات الكيماوية حين تحولها فى طائفة من الجزيئات الى أشكال غازية أخرى تملأ فراغا أكبر منها بكثير . ولا نجد صعوبة فى ادراك أن هناك ما يقال له الطاقة الكيماوية، فهى عبارة عن طاقة تدفع الذرات من جزيء الى آخر . اذن فما ظننا بالطاقة الكهربية ؟ . اذا تذكرنا أن التيار الكهربائى عبارة عن نقل الكهارب من ذرة الى ذرة صح أن نقول ان الطاقة الكهربية تدفع الكهارب عن الكرة الموجبة فى الذرة .

وعلى ذكر هذا يلزنا أن نلاحظ العلاقة الشديدة بين الطاقة الكيماوية والطاقة الكهربية فى البطارية العادية . يتذكر القارئ مما مضى من البحث فى البطاريات الكهربية فى الباب الخامس أن الذرات تنطلق من لوحة الخارصين الى السائل، وهناك تكون

اتحادات كيميائية جديدة، وأن هذه الذرات المنطلقة، فضلا عن هذا، تترك وراءها كهاربا القابلة للانفصال، ولذلك يحدث تراكم من الكهارب على لوحة الخارصين. وقد رأينا هذه الكهارب المتراكمة تنتقل باطراد من ذرة الى ذرة في السلك الذى يصل لوحة الخارصين، أى عنصره الى الكربون أى العنصر الآخر فى البطارية. وهذه الطاقة الكهربائية تستمر مادامت التغيرات الكيميائية تجري فى البطارية. ولذلك نقول ان عندنا فى البطارية طاقة كيميائية متحولة الى طاقة كهربائية، أو بعبارة أخرى، ان حركة الذرات فى البطارية تحدث حركة فى الكهارب على امتداد السلك. وفى حمام الطلاء الكهربيائى (Electro-plating) يحدث عندنا عكس هذه الحالة تماما. فنحن نحرك الكهارب فيه على امتداد الدورة السلكية الى واحد من الأقطاب الكهربائية الموجودة فى السائل، وهناك يحدث تفاعل كيميائى، فذرات الفضة أو غيرها من الفلزات المشتمل عليها السائل ترسب على سطح الشيء العامل اذ ذاك عمل القطب المؤدى الى الخارج.

وفى الدينامو ترى الطاقة الآلية تتحول الى طاقة كهربائية، وهذه فى دورها قد تتحول الى طاقة حرارية فى الأتون الكهربائى، أو أن الطاقة الكهربائية قد تنتقل الى مسافة بعيدة ثم تحول مرة أخرى الى حركة آلية بواسطة محرك كهربائى. وقد تتحول الطاقة الحركية من مسقط مائى الى طاقة آلية بواسطة عجلة المعامل القديمة الطراز^(١) ويمكننا أن نبحث طائفة بعد طائفة من أنواع التغيرات

(١) كانت الأنوال والمغازل تدار قبل اختراعات الآلات البخارية فى بعض المعامل بقوة سقوط المياه على عجلات ذات مراوح أو جيوب، واذ تدفها تدوير محورها فيحرك آلات النسيج — المغرب

ولكن هذه التغيرات كلها من الظهور بحيث لا يحتاج الأمر الى مواصلة البحث فيها .

ويجب أن نتذكر أنه في أثناء حدوث هذه التغيرات في الطاقة يفقد جزء من الطاقة الأصلية . وانما نقول "يفقد" لعجزنا عن الحصول منها على شغل ، اذ الطاقة لا تنعدم . ولذلك فاننا نسميه بقاء الطاقة (Conservation of Energy) ونسبى هذا أحد قوانين الطبيعة . على أنه يجب علينا أن نتذكر أن هذه القوانين هى من وضع الانسان ، وأنها ليست إلا نظريات يبدو لنا كالحق . وعلى هذا الاعتبار رفعناها الى مستوى أعلى من مستوى مجرد النظريات . وقد يأتى علينا يوم نرى فيه أن ما نسميه قوانين الطبيعة يعوزها التعديل والاصلاح .

في الباب الحالى حاولنا تتبع تحولات وانتقالات الطاقة في المادة لا فيما يختص بالمادة المنظورة وحدها ، بل وما يختص بالذرات والكهارب التى تتضمنها المادة أيضا . بيد أن الطاقة لا تقتصر على هذه الصور التى كنا بصدددها ، فهى تتلبس عدة صور خارجة عن المادة بتاتا في أنير الفضاء ، فان هذا الوسط ذا الأهمية العظمى قادر على أن ينقل الطاقة على مدى ملايين الأميال كما سترى في الباب الآتى .

وحالنا اليوم هو أننا نستطيع أن نحال الكون الى مادة، وأنير ، وطاقة . ولكنا لا نستطيع أن نقول بالضبط شيئا عن ماهية أى واحد من هذه الذاتيات الثلاث . قد نمعن في تفسير المادة حتى لا يكون عندنا من أمرها الا الكهربية كما رأينا في الأبواب السابقة ، ولكن يبقى عندنا سُرّال بعد ذلك ، على كل حال هو :
ما هى الكهربية ؟

قد يلذ القارئ في ختام هذا الباب أن يضع الصور الرئيسية المختلفة من الطاقة في شكل جدول ، وقد يرى بعضهم أن يضيف الى الصور المذكورة في القائمة الآتية طاقة جذب الأرض ، وطاقة التماسك ، والطاقة الآلية ، والطاقة العضلية وهكذا . على أن هذه يمكن وضعها تحت غيرها من الصور المدرجة في القائمة التالية .

الصور الرئيسية للطاقة

الطاقة الحركية	مثل الرصاصة الطائرة .
الطاقة الموضعية	» ثقل ساعة مرفوع .
الطاقة الانفعالية	» زنبرك ساعة مشدود .
الطاقة الكيماوية	» البارود .
الطاقة الضوئية	» الفوتوغرافية «التصوير الشمسى» .
الطاقة الحرارية	» الشمس .
الطاقة الكهربائية	» التيار الكهربائى .
الطاقة المغناطيسية	» مغناطيس يرفع قطعة من الحديد .

الباب العاشر

أمواج الأثير

الأمواج على سطح الماء — الاهتزازات المستعرضة — مرعة سير الأمواج الأثيرية — ماذا تكون أنواع الأمواج الأثيرية المختلفة — نقل الطاقة بواسطة الأمواج الأثيرية — الطاقة المحمولة من الشمس الى كوكب أرضنا — الضوء يبدى ضغطا آليا . لماذا تتقدم أذبال المذنبات رأبها أحيانا — مخزن الطاقة في باطن الذرة — الطاقة الهائلة للجسم المتحرك بسرعة .

بما أنه لم يحدث أن رأى أحد أو يمكن أن يرى الأمواج التي توجد في الأثير ، ذلك الوسط غير المنظور ، فلا بد لنا من الالتجاء الى قوتنا التخيلية . الأمواج التي تكون على سطح البحر مرئيات عادية لدينا جميعا ، ولكنها لا تهبي لنا مثلا صالحا جدا عن الحركة الموجية للسبب الآتي :

كثيرا ما نتكلم عن أشياء اكتسحتها الأمواج الى الشاطئ كأنما الأمواج قد جلبتها من مسافة بعيدة . والواقع أن الرياح هي القوة التي دفعها . ولذلك سنجد في البركة الراكدة مثلا للحركة الموجية أصلح ، اذ نستطيع أن نحدث في سطحها الأملس صورا من التجعد أى التموج اللطيف .

تلقى قطعة من الخشب في وسط البركة فنرى أمواجا مصغرة منتشرة الى الخارج على شكل دوائر يتبع بعضها بعضا على فترات منتظمة . واذا كانت البركة صغيرة فان الموجة الأولى لا تستغرق وقتا طويلا في بلوغ الشاطئ يتبعها غيرها في أثناء ذلك في سير منتظم . أما قطعة الخشب فتبقى عند وسط البركة . واذا كنا قد

وضعنا قطعاً من الفلين الذى تصنع منه السدادات، وكان وضعها على نقط مختلفة من سطح الماء فان الأمواج لا تدفع بها نحو الشاطئ مطلقاً. وإنما تعلو السدادات وتخفض وهى فى مكانها. وإذا تكلمنا عن هذا بلغة علمية قلنا إن السدادات قدهت فى اتجاه مستعرض. ونعنى بقولنا "مستعرض" أنها قددت عبر مسار الحركة. هذه هى أنواع الأمواج التى سنتناول بحثها فى الأثير، ولذلك نطلق عليها اسم الاهتزازات المستعرضة (Transverse Vibrations)

إذا نظرنا الى الأمواج الحادثة على البركة نجد أن الحركة الموجية (Wave Motion) سائرة من مركز البركة الى حافتها فى حين أن اهتزاز السدادات، وكذا الجسيمات المائية تبعاً لها تكون الى أعلى وأسفل أى على زاوية قائمة مع اتجاه الحركة الموجية. كل هذا بسيط جداً ولكن ما لم يضع المبتدئ مثل البركة نصب عينيه فهو عرضة الى الظن بأن هناك شيئاً غامضاً فى مثل قولنا "إن الضوء عبارة عن اهتزازات مستعرضة فى الأثير". حقيقة المسألة أن الانسان يعى بفطرته هذا النوع من الحركة الموجية أكثر من وعيه غيرها وهنا الحركة الامامية الخلفية للجسيمات التى نرى مثلها فى ترجيح الناس فى الزحام؟ أو بما هو أفعل من ذلك مثلاً، فى حركات نابض لولبي طويل. فى هذه الحالة تكون عندنا حالات من الضغط والتخلخل، ويستطيع الانسان فى حالة النابض اللولبي الطويل أن يرى أمواجاً من الحركة مارة على امتداده من طرف الى طرف. وإذا أن الاهتزازات الامامية الخلفية هى فى نفس اتجاه الحركة الموجية فانا نسميها الاهتزازات الطولية (Longitudinal)، وأمواج الصوت فى الهواء وفى غيره من المواد هى من هذا النوع. وعلى كل حال فان كل الأمواج التى فى الأثير هى اهتزازات

مستعرضة فلا يهمنا الا هذا النوع من الاهتزازات في الوقت الحاضر . وسنحاول من أجل هذا أن نبقى التموجات التي تحدث على سطح البركة الملساء نصب أعيننا .

ذكرنا باختصار في أحد الأبواب السابقة مختلف الأمواج الأثيرية . ذكرنا الأمواج الضوئية والأمواج الحرارية المتشعة ، والأمواج الكهربائية . ولتسهيل العبارة قلنا ان هذه أنواع مختلفة من الأمواج وأريد بهذا أن خواصها متباينة . ولكننا سنرى أنها جميعها من طبيعة واحدة ، فهي كلها اهتزازات مستعرضة كما نرى في بركة الماء ، واذ أن كل الأمواج الأثيرية من هذا النوع وأنها جميعا تسير بسرعة واحدة فظاهر أنها اذا اختلفت فانما يكون ذلك في مقدار سرعة تتبعها بعضها وراء بعض . وبعبارة أخرى إن الفرق الوحيد بين الأمواج الضوئية والأمواج الحرارية الاشعاعية هو في مقدار المسافة الواقعة بين الأمواج المتتابعة من كل فريق . لنفرض أن لدينا عوامة أو غطاسة (Plunger) من نوع من الأنواع ذات يد متصلة بها ، بحيث يمكننا أن نحركها الى أعلى أو الى أسفل عند مركز بركتنا الخيالية ذات الماء الراكد . فاذا حركنا الغطاس فوق وتحت ببسطء عظيم فان الأمواج يتبع بعضها بعضا على مسافة عظيمة بعضها من بعض ، أما اذا كانت حركات الغطاسة سريعة فان الأمواج أو التجمعات يتبع بعضها بعضا على التقارب ، وعليه يصل الى الشاطئ في الدقيقة الواحدة عدد من الموج أكثر منه اذا حركت الغطاسة بسرعة . ولكي نقارن مختلف طوائف أى قطارات الأمواج نقيس المسافة الواقعة بين قمة (Crest) موجة وقمة الموجة التالية ، ولا فرق بالطبع فيما اذا قيسبت المسافة من تجويف (Trough) احدى الموجات الى تجويف

الموجة التالية وما اذا قسنا المسافة بين نقطتين متعادلتيْن في موجتين متجاورتين ، هذا هو ما نسميه الطول الموجي (Wave-length) . وسيالاحظ أن لا دخل لهذا الطول مطلقا في طول مقدم حافة الموجة انما نعني بالطول الموجي مسافة ما بين موجتين متابعتين . على أنه يجوز أن يفضل بعض القراء تسمية ذلك عرض الموجة أو سعتها .

عندما هز زنا الغطاسة بسرعة أحدثنا أمواجا قصيرة الطول . ونرى أن هناك علاقة بين سرعة ، أى اهتزاز (Frequency) أى تردده وبين طول الأمواج الحادثة . فكلما زادت سرعتنا في هز الغطاسة كانت الأمواج الحادثة أقصر . وبما أن سرعة جميع الأمواج الأثيرية واحدة فان العلاقة بين تردد الأمواج والطول الموجي الحادث بسيطة جدا . في كل ثانية من الوقت تجرى كل موجة أثيرية مسافة قدرها ١٨٦٠٠٠ ميل ولذلك فانه اذا بعثت ألف موجة بواسطة مثير الاهتزاز (Vibrator) في ثانية واحدة تكون الموجة الأولى قد قطعت مسافة ١٨٦٠٠٠ ميل عندما تكون الموجة الأخيرة على أهبة الانطلاق . وبعبارة أخرى يكون هناك ١٠٠٠ موجة منتشرة بالتساوى على مدى ١٨٦٠٠٠ ميل . ولسنا في حاجة الى الدواة والقلم لنعمل حساب الطول الموجي في هذه الحالة ، لأنه اذا كانت ألف موجة تشغل ١٨٦٠٠٠ ميل فظاهر أن كل موجة تشغل مسافة ١٨٦ ميلا . وعليه نقول ان الطول الموجي في هذه الحالة كان ١٨٦ ميلا .

بعض الأمواج الأثيرية المستعملة في التلغرافية اللاسلكية يقاس بالأميال في حين أنه قد قيس من الأمواج الأثيرية من جهة أخرى ما هو من القصر بحيث لا يبلغ الاجزاء من مائتي ألف وخمسين

ألف جزء من البوصة . ولا شك أن من المستحيل ادراك صغر مثل هذه الأبعاد ، ولكننا نستطيع أن ندرك عظم مدى الأطوال الموجية المختلفة الموجودة في الأثير .

قد رأينا أن كل الفرق الذي يوجد بين أى موجة أثيرية وأخرى هو في طولها ، أى في التباعد الحادث بين الأمواج ، وعليه يجب بطبيعة الحال أن يكون هناك فرق مقابل في تردد الاهتزازات أى عددها في الثانية . ومن العجيب أن تكون لهذه الأمواج الأثيرية تلك الخواص المتباينة أشد التباين ، وهى لا تختلف بعضها عن بعض الا على تلك الصورة .

واذا ابتدأنا بأطول أمواج الأثير نجد أن هذه تؤثر في الكشافات المستعملة في التلغرافية اللاسلكية . وقد رأينا أن هذه الأمواج الكهربائية يمكن أن يكون البعد بينها بالأميال في حين أن غيرها قد تكون من التقارب بحيث تشمل البوصة ست موجات منها . ومع ذلك تكون هذه طويلة جدا بالقياس الى غالب الأمواج الأثيرية . وعند ما يكون مقياس الأمواج الأثيرية بضعة أجزاء من ألف من البوصة تحدث تأثيرات حرارية ونسميها اذ ذلك أمواج الحرارة الاشعاعية (Radiant Heat Waves) وما دامت الأمواج أطول من جزء من ثلاثين ألف جزء من البوصة فانا نسميها أمواج الحرارة المظلمة (Dark Heat Waves) لأنها لا تؤثر في بصرنا ولكنها بمجرد أن تتخطى هذا الحد الفاصل تؤثر فعلا في نواظرننا ، وتحدث عندنا احساس الضوء الأحمر عندما يكون في البوصة منها أربعة وثلاثون ألف موجة . واذا قصرت الأمواج عن هذا بعض القصر ، أى تقاربت ، فانها تحدث احساس اللون البرتقالى ، واذا تزايدت في القصر أحدثت

احساس اللون الأصفر ثم الأخضر ثم الأزرق ثم النيلي ، وعندما تصبح من القصر بحيث تشغل ستون ألفا منها مدى البوصة الواحدة تحدث احساس اللون البنفسجي^(١) وبعد ذلك تقصر عن التأثير في أبصارنا بتاتا ونسميها اذ ذاك أمواج الضوء فوق البنفسجي (Ultra—violet light) اشارة الى أنها وراء الأشعة البنفسجية .

هذه الأشعة فوق البنفسجية وان كانت تعجز عن إيقاف أعضاء احساسنا البصرى تؤثر بشدة في المواد الكيماوية التي تكون على اللوحة الفوتوغرافية ، ونظرا الى هذه الخاصة فان هذه الأمواج تسمى أحيانا بالأمواج الكيماوية (Actinic Waves) . جميع هذه الأمواج الأثيرية تحمل طاقة . واذا رجعنا لحظة الى مثال البركة يكون ظاهرا أننا اذا أنفقنا شيئا من الطاقة لاكساب الغطاس العائم حركة فوقية تحتية تكون هناك طاقة منتقلة بواسطة حركة الموج الحادث عبر سطح البركة . وجميع ما يكون على سطح البركة من السدادات أو غيرها من المواد العائمة يقلد الغطاس العائم في حركته الفوقية التحتية . وعليه نقول إن طاقة الغطاس قد تحولت الى حركة موجية في الماء ، وأنه قد انتقلت طاقة بهذه الطريقة خلال الماء الى مسافة ثم تحولت مرة أخرى الى طاقة حركية في السدادات المتحركة . وبالطريقة عينها يعمل المرسل (Transmitter) في التلغرافية اللاسلكية في محيط الأثير ، فان الجهاز المرسل يحول طاقة الكهارب الموجودة فيه الى حركة موجية في الأثير المحيط . وقد تنتقل الحركة الموجية خلال الأثير منتشرة عبر المحيط الأطلسي . ومن عجيب الأمور أن

(١) في الجدول رقم ٣ ص ٣٠١ تجد بيانا أوفى في هذا العدد .

يستطيع كشف صغير تافه القدر ، يكون موجودا على شاطئ الأوقيانوس من الجانب الآخر، استقبال طاقة كافية لاجداث بعض تغير في باطنه ، وبهذه الطريقة تحدث الاشارات .

انتقال الطاقة الحرارية من الشمس خلال الأثير الى أرضنا أمر ظاهر لنا جميعا . ومما تلذ ملاحظته أن من الممكن تحويل هذه الطاقة الحرارية الى حركة آلية مباشرة . وعندنا ايضاح عملي بديع لهذا الموضوع في الجهاز الآلى للقوة الشمسية الذى أقيم في مصر في أوائل القرن الحالى . وكون الموجات الأثيرية من الضوء العادى تنقل الطاقة أمر ظاهر جدا، لأن أعضاء حاسة البصر عندنا تتنبه بتأثيرها، وكذلك الكيماويات التى تكون على اللوحة الفوتوغرافية؛ ولكن كون هذه الأمواج الأثيرية من الضوء العادى تبدى بالفعل ضغطا آليا ، كما تفعل الرياح ، ليس بدرجة ذلك من الظهور . والواقع أنه لم يوجد برهان عملي على صدق هذه النظرية الا منذ سنوات قريبة ، لأن الضغط صغير جدا ، مفرط فى الصغر بالقياس الى ضغط ألطف نسيم ، أو أى تحرك طفيف فى الهواء .

منذ أربعين سنة تقريبا قال كلارك مكسويل (Clerk Maxwell) أحد كبار الرياضيين الذين يتخيل الينا انهم كانوا يرتأون الرؤى فى المسائل الرياضية قال : ان هذه القوة، أى الضغط الآلى، حقيقة بأن توجد فى الضوء ، وقدّر لهذا الضغط بالحساب مقدارَه الواجب أن يكون . ومما يسترعى الانسان أنه لما استنبطت الأدلة العملية على وجود هذه القوة وجد أن الضغط الحقيقى كان من قبيل القدر الذى ذكر ماكسويل أنه يجب أن يكون قبل استكشافه بزمان طويل .

وكانت طريقة الايضاح العمل بسيطة جدا : علقنا أقراص خفيفة جدا من البلاتين في كرة زجاجية صغيرة استخرج منها جميع هوائها ، وكانت أحسن وسيلة لاستخراج الهواء في ذلك هي آلة التفريغ الزئبقية المعروفة. وفيها يبقى مقدار قليل من بخار الزئبق في الكرة المفرغة، حتى اذا أريد الخلاص من هذا البخار عرضت الكرة الى برودة شديدة ، وبذلك يجمد بخار الزئبق . وبهذه الطريقة يجعلون الفراغ على أقصى ما يستطيع من الكمال. وقد كان هذا على جانب عظيم من الأهمية اذ لا يكون للتجربة الايضاحية مدلول ما لم يكن الفراغ على درجة عالية والا لكانت أمواج الحرارة التشععية تؤثر فيما يتبقى من الهواء ، وتدعو القرص البلاتيني الى التحرك كما يرى الانسان الدورات الصغيرة تتحرك في آلات الراديومترات (Radiometers) الصغيرة التي تعرض أحيانا في نوافذ حوانيت الآلات البصرية. في هذه الحالة تكون الأمواج الحرارية هي التي تستبقى الدوارة الهوائية الصغيرة دائرة باستمرار رمي جزئيات غازية. ولا تدور دوارة الراديومتر الهوائية الصغيرة اذا هي وضعت في الفراغ العالي الدرجة الذي استعمل في هذه التجربة التي أريد بها توضيح الدفع الآلى للضوء

واذ خلص من كل احتمال لحدوث رمي من الجزئيات فقد عرضت الأقراص الصغيرة المعلقة للضوء ولم يكن هناك شك في أنها كانت تتحرك بتأثير سقرط الأمواج الأثيرية عليها . نعم ان هذا الضغط أمكنت ملاحظته وقياسه في هذه الظروف الاستثنائية ولكن لا يعزب عن البال أن هذا الضغط طفيف جدا بحيث لا نعلم عنه شيئا في حياتنا اليومية العادية، فان أثره غير محسوس بتاتا في أى جسم موضوع في خضم الهواء المحيط بنا .

إذا أردت أن تعرف الاتجاه الذى تهب فيه الريح حين لا يكون هناك الا نسيم يكاد يكون غير محسوس فانك ترفع في الهواء شيئا خفيفا جدا . لما ذا ؟ لأنه يعرض سطحه كبيرا ليؤثر فيه الهواء ، حين لا يكون تأثير جذب الأرض له الا صغيرا جدا . وليس من الصعب أن يتصور الانسان نسima من اللطف بحيث يكون تأثيره في كيس كامل من الدقيق غير محسوس بتاتا ، ولكن يظهر أثره جليا اذا سقطت ذرات مفردة من دقيقه رذاذا في الجو . تصور لحظة سفينة بخارية تمخر في الماء ، ترأى ضغط الهواء يجعل الدخان وراء السفينة كالذؤابة العظيمة ، وحينما تدور السفينة وتسير في الاتجاه المضاد فليس غير عادى أن ترى هذه الذؤابة الدخانية تتقدم السفينة (انظر الرسم المقابل لصفحة ١٢٥) هنا بالضبط هو ما نشاهده في السماء فيما يختص بالمذنبات (comets) فاننا نرى في الفضاء الأثيرى مذنبات تعمل رحلات غريبة تجتزأ أذيالها حول الشمس ثم تختفى ذاهبة مرة أخرى في رحلات طويلة في الفضاء قد لا تعود منها . هذه المذنبات ذات أذيال طويلة كما ترى في الرسم وعند ما تقرب من الشمس تسلك أذيالها بصورة لا تتغير، وتسير وراء جرم المذنب ، ولكن عند ما تلف حول الشمس وترحل عنها يلاحظ مشهد عجيب جدا ، اذ يلوح ذنبها كأنما هو مطير أمام رأس المذنب كما هو الحال في دخان السفينة . ولقد كانت الحالة التي يسبق الذنب فيها رأس المذنب عند ما يكون راحلا عن الشمس من غوامض علم الفلك . نعم إن قوة الشمس الجاذبية لا بد بطبيعة الحال أن تكون جاذبة اليها جسيمات المادة التي يتألف منها ذنب النجم ، ولكن الظاهر أن هناك قوة أخرى أعظم من تلك القوه تدفع تلك الجسيمات عن الشمس : الجاذبية تشد الجسيمات نحو الشمس والضوء يدفعها بعيدا عنها . وظاهر أن الدفع

الضوئى فى هذه الحالة المعينة أقوى من شد الجاذبية . فكيف نعلل هذا ؟

أولاً نحن نعرف أن جسيمات المادة التى يتألف منها الذنب المذنب صغيرة مفرطة فى الصغر . ويمكن حساب حجمها بالدقة ، وعليه يكون تأثير قوة جذب الشمس فى مقابل ذلك صغيراً ، ولكن مدى سطح هذه الجسيمات كبير جداً بالقياس الى وزنها ، ولذا فإن ضغط الضوء عليه هو فى مقابل ذلك عظيم جداً ، ولهذا نجد أن الضوء قادر على دفع هذه الجسيمات الصغيرة بعيداً عن الشمس بقوة أبلغ من قوة الجاذبية فى شدتها نحوها . وهذا هو السبب فى أن ذنب المذنب يتجه دائماً بعيداً عن الشمس .

ناولنى صديق منذ بضع سنين مقالة نشرها أحد أعلام الفلكيين ، وكان موضوعها المذنبات . ولم يفسر حركة ذنب المذنب التى نحن بصدددها إلا بأنه يتسطر عليها ذلك القانون العجيب القاضى بوجوب انصراف الذنب عن الشمس . وغرضى من ذكر هذه الحادثة تأكيد العبارة الواردة فى الباب الأول التى قلنا فيها إن جميع قوانين الطبيعة هى من صنع الانسان ذاته ، وعليه فلن يكون من تفسير الشيء أن يقال إنه انما حدث بسبب هذا القانون أو ذاك . فالقول بأن ذنب النجم يحكمه القانون القاضى بالتوائه منصرفاً عن الشمس لا يشبع العقل ، أما نظرية الضغط الآلى للضوء فتشبع . لا يشك أحد فى أن التأثير ينقل الطاقة . عند ما تنادر الطاقة الشمس يحملها التأثير مدة ثمانى دقائق قبل أن تصل الى أرضنا ، ونحن نعلم أن القول ” بالتأثير على البعد ” Action at a distance قد انتهى أمره وقضى ، فلا يمكن أن يتصور الانسان جسماً يؤثر فى جسم دون وجود وسط متدخل . ولو كان هذا الرأى المهذوم



الضغط الميكانيكي للضوء

في الصورة العليا نرى مذنباً جميل الذيل . عندما يتنحى المذنب عن الشمس يرى ذيله
يتقدم رأسها كما يتقدم دخان السفينة البخارية عندما تسير مع الريح . ونحن نتقن أن السبب
في تقدم الذيل على رأس المذنب هو الضغط الميكانيكي للضوء كما هو مشروح على صفحة ١٢٣

صحيحاً لم تكن هناك حاجة بتاتا الى زمن لتؤثر الشمس في هذه الأرض . وسنرى فيما بعد كيف أن هذه الطاقة تنتقل من المادة الى الأثير ثم من الأثير الى المادة .

إذا صح اقتناعنا بفكرة الكهارب الدائرة في باطن ذرة المادة بسرعة بالغة امكنتنا أن نتصور وجود مقدار عظيم من الطاقة داخل الذرة . وقد بحثنا في أحد الأبواب السابقة بطريقة مجملة . علاقة الطاقة والسرعة والكتلة بعضها ببعض . في هذه الحالة ليس للكهارب من الكتلة شيء كثير تردهى به الا أن ما يعوزها من الجرم تعوضه بالسرعة ولكن من الصعب على غير العارفين بالعلوم أن يدركوا حقيقة أهمية السرعة من حيث أنها عامل من عوامل الطاقة .

أشرنا غير مرة الى سرعة الضوء . والضوء بطبيعة الحال ليس شيئا ماديا ، ولكن حاول أن تتصور كتلة صغيرة ك رأس دبوس عادى تسير في الفضاء بنفس سرعة الضوء واسأل : ما هو مقدار الطاقة التى يملكها رأس الدبوس الطائر ؟

من الصعب أن يجد الانسان وسيلة مألوفة لتجربة طاقة هذا المقدوف الطائر ، ولكن ربما رأينا في وقت من الأوقات آلات لاختبار قوة الانسان . انى لأتذكر نوعا خاصا من هذه الآلات كان يوجد فى الأسواق الريفية . كان يطلب الى الرجل ليدعى قويا أن يختبر قوته بالطريقة الآتية : يضرب رافعة مستقيمة بمطرقة ثقيلة ، وبعمله هذا كان يدعو حلقة من الحديد الى الاندفاع الى أعلى على عمود قائم . وبقدر ما كان الرجل يستعمل من الطاقة كانت الحلقة ترتفع على استقامة العمود . لا أتذكر بالدقة طول

تلك الأعمدة ولكنها لا تزيد على خمسة عشر قدما أو عشرين .
فلنفرض أن رأس الدبوس الطائر نفسه قد دخل متباريا في ميدان
اختبار القوة . ”جرب قوتك“ (١) هذا .

إذا حكمنا بناء على صغر حجم رأس الدبوس فلا بد أن يقصر
تقصيرا مزمريا ، ولكن إذا راعينا فرط سرعته فهو قادر على
التفوق على جميع المتبارين . ولنفرض أن الحلقة وزنها پاوند
انجلىزى . فى هذه الحالة يمكننا بسهولة أن نحسب الارتفاع
الذى يجب أن تصل الحلقة اليه ، بشرط امكان نقل جميع
طاقة الدبوس الى الحلقة مع اهمال المقدار العظيم الذى يذهب
منها على صورة حرارة . بل انا اذا فرضنا أن شد الجاذبية الأرضية
ثابت المقدار على أى بعد من الأرض فانا نجد أن الحلقة تعلو الى
مسافة بالغة اذا قلنا انها تعادل ميلا فلا تكون فى القول مبالغة. ولكن
فى مثل الظروف التى سبق أن أشرت اليها نجد أن الحلقة ترتفع
على مدى ألوف من الأميال ، واذا أخذنا فى حسابنا تناقص
قيمة الجاذبية نجد أن الحلقة تنطلق بمقدار من الطاقة تخرج به عن
مدى هذا الكوكب ولا تعود مطلقا . إنه مستحيل بطبيعة الحال
بتاتا أن يعطى رأس دبوس سرعة الضوء . ولكن فرض حالة
قصوى كهذه من شأنه أن يبين أهمية عامل السرعة تبينا .

هذا المثل القياسى الحاضر ”رأس الدبوس الطائر“ يساعد على
تصور عظم الطاقة التى لا بد أن تنشأ عن الكهارب الطائرة المحتوية
عليها الذرة . ويعد رأس الدبوس ماردا جسيما بالقياس الى الكهروب
ولكن الطاقة التى لرأس الدبوس الطائر قابلة لتكرار التقسيم .

(١) نعت الكاتب ذلك التبارى بالاسم الذى كان يطلق على تلك اللعبة فى الأسواق .

وفضلاً عن هذا فإنه مهما كان من الطاقة في الذرة الواحدة فإنه لا بد من مضاعفة هذا المقدار مضاعفة بالغة حتى يعطى مقدارا يوازي مجموع الطاقة الذرية الباطنية المحتوية عليها قطعة صغيرة من المادة . مثال ذلك إذا أردنا أن نحسب مقدار الطاقة الباطنية في مكعب صغير من النحاس الصلب طول جانبه أقل من نصف بوصة فلا بد لنا أن نضرب مقدار الطاقة الباطنية لذرة منه في واحد كاترليون، اذ يوجد هذا العدد من الذرات في تلك القطعة الصغيرة من النحاس .

ولكن مما لا شك فيه أن كل هذا الكلام الذي سقناه عن الطاقة الباطنية للذرة فرض بحت . لأن هذه الطاقة محتبسة في باطن الذرة، ولا يمكننا أن نؤثر فيها بأي طريق استبقاء لقياس قيمتها . وهذا حائلاً مع غالب المادة ، ولكنا وجدنا منذ عهد قريب صورا قليلة من المادة قد كشفت الطبيعة عن ذريتها الباطنية ، ذلك أن هنالك بعض ذرات آخذة في التحلل وساحة للكهارب بالانطلاق . على أن هذا الموضوع سيفهم على حال أوضح عندما يتناول الأجسام ذات القدرة الاشعاعية لعنصر الراديوم الذي ملأت الدنيا شهرته . هذه الأجسام ذات القدرة الاشعاعية هي من خطورة الشأن بحيث تتطلب أن يفرد لها على الأقل باب مستقل .

هذا الباب كما رأيت يتناول على الأخص الطاقة التي في الأثير ، وجميع الأمواج التي في الأثير تدرج غالباً تحت رأس واحد : الضوء . فيجب علينا إذن أن نبحث بشئ من الأسهاب : ما هو الضوء ؟

الباب الحادى عشر

ما هو الضوء ؟

الأدلة المغنطة لنظرية نيوتن - الكريات فى الضوء - الكهارب والضوء - البرهان
 المبرز للنظرية الكهربية المغناطيسية للضوء - هرتر يكشف الأمواج الكهربية -
 كيف تقاس مرعة الضوء - كيف تقاس الأطوال الموجية - الطارق الاسرافية
 لانتاج الضوء الصناعى - طريقة مثلى فى الطبيعة .

لم يفتنا حتى فى طفولتنا أن نتيين وجه الهذر فى قصص العفاريث
 حتى كان يروى أنها تعمل مجاميع من أشعة الشمس لتصيدها
 وتحفظها فى زجاجات مسدودة . ولا شك أن القراء قبل مطالعة
 الأبواب السابقة من هذا الكتاب لم يكن فيهم واحد لم يعتقد من قبل
 أن الضوء ليس الا أمواجا فى الأثير ، أو يعرف على الأقل اذا لم
 يكن معتقده فى المادة على ما هو عليه من الوضوح والثبوت ، أن
 الضوء ليس شيئا ماديا ، ويكاد يكون من المستحيل فى الوقت
 الحاضر أن يعثر على انسان يقول بنظرية كريات الضوء لنيوتن
 (Corpuscular Theory) .

أتذكر أننى كنت فى أيام الدراسة أعجب كيف كان نيوتن
 يدعو الناس بجد ليتصوروا وجود جسيمات من الصغر بحيث يمكن
 أن تطلقها الشمس وتسير عبر ثلاثة وتسعين مليوناً من الأميال
 بين الشمس وهذا الكوكب فى ثمانى دقائق ، بمعدل أحد عشر
 مليوناً من الأميال فى الدقيقة ، بل كانت يخيل الى وأنا تلميذ
 فى المدرسة أن اعتقاد رجل عظيم كنيوتن بإمكان وجود مثل هذه
 الجسيمات أقرب الى الهذر والمزاح . والآن نجد أنه وإن كانت

نظرية الكريات لنيوتن قد أهملت اهمالا تاما ، توجد بالفعل كريات أو كهارب مثيلة جدا بكريات نيوتن الخيالية . وفضلا عن ذلك نجد أن هذه الجسيمات الصغيرة تنطلق من جميع الأجسام الشديدة الحرارة حتى من المصباح البقي العادى . وعلى ذلك فالشمس باعثة مجرى مستمرا من هذه الكريات أى الكهارب . وقد رأينا أن هذه الجسيمات قادرة على الجرى بسرعة ستين ألف ميل فى الثانية فى أنبوبة مفرغة . ولو عرف سير نيوتن هذه الحقائق الحديثة الاستكشاف فلعله كان يقول إن فى امكان هذه الكريات الطائرة أن تتضاعف سرعتها ثلاثة أمثال ، بحريها فى فراغ ما بين النجوم من الفضاء وتقطع ما بين الشمس والأرض بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية . ولقد كانت هذه الحجة وجهة ولكنها ما كانت تقوى على عمليات الاختبار التى تساعد عليها التجارب العصرية ، فعندنا من الأدلة الثابتة ما يقطع بأن هذه الكريات الطائرة لا تكوّن ضوءا . وهذا ما ستره مما يلى . يمكننا أن نعمل تجارب على نفس هذه الكهارب الطائرة فى أنابيب مفرغة . ويتذكر القارئ أن هذه الكهارب وجدت كلها واحدة ، ولا عبرة باختلاف المصادر الذى أخذت منه . بالتجربة نجد أن تيار الكهارب لا تكون له خواص الضوء . فالضوء يمكن عكسه وتكسيه وتقطييه . هذه خواصه المميزة . ولكن الجسيمات الطائرة ليست لها هذه الخواص . فنحن لانستطيع أن نعكسها أو نكسرهما أو نقطبها ، وسيوضح لك معنى استقطاب الضوء فى الباب الثانى .

نحن اليوم ملزمون ، بدل التسلى المجرد بفكرة كريات نيوتن ، أن نعجب بعنبريته فى تنبؤه بامكان وجود جسيمات ذات ابعاد من الضالة بحيث تكاد تكون مستحيلة ، وتستطيع السير بسرعة

هائلة . نعم إننا نجد اليوم أننا لا نستطيع بوسيلة من الوسائل الصناعية أن نحمل هذه الكهارب على السير أسرع من ٦٠ ألف ميل في الثانية ، ولكننا سنرى عند ما نصل الى مبحث الراديو أن يطلق كهارب من باطنه بسرعة ١٢٠ ألف ميل في الثانية ، وهو مقدار يقرب من سرعة الضوء قربا مرييا ، ونحن وإن كنا نستطيع أن نبرهن على أن هذه الكهارب الطائرة لا تكون ضوءا فإنه لا شك أنه لو كانت مقادير سرعة هذه الكهارب معروفة في أوائل القرن الثامن عشر لعززت نظرية نيوتن الذرية تعزيزا جوهريا . وسنبحث في فصل آت التأثيرات التي تحدثها هذه الجسيمات الطائرة الواردة إلينا من الشمس ولكن يمكننا في الوقت الحاضر أن نقرر صراحة أنها ليست ضوءا .

ولا شك عندنا في أن الضوء عبارة عن سلسلة من الأمواج الأثيرية ، ومما قد سبق لنا معرفته بصدد الكهارب الطائرة التي تثير الأثير وتحدث فيه مجالات مغناطيسية وكهربائية نجد أنفسنا على استعداد لقبول حقيقة أن أمواج الأثير الضوئية مسببة عن الكهارب الطائرة .

رأينا في الباب السابق أن أمواج الأثير المعرونة بالفتوء الأحمر قصيرة جدا ، وبعبارة أخرى أنها تتبع بعضها بعضا بسرعة عظيمة ، حتى أن أربعة وثلاثين ألفا من هذه الأمواج الأثيرية الخاصة تشغل مسافة برصة واحدة فقط . وسيوضح أنه مهما كان نوع الشيء الذي يبعث مثل هذه السلاسل السريعة من الأمواج فإن هذا الشيء المضطرب يقتضى أن يكون مهترا بسرعة هائلة . وعند ما كنا نصور الغطاسة باعثة أمواجا في مركز بركة راكدة رأينا أنه كلما كانت الغطاسة أسرع في تحركها الى أعلى وأسفل كانت

الأمواج الحادثة أكثر في أى مسافة محدودة أو أى زمن معين .
 وإذا عرفنا سرعة سير هذه الأمواج الأثيرية وعدد الأمواج في كل
 برصة فاننا نستطيع بواسطة عملية حسابية بسيطة أن نستدل على
 أن السرعة التى يجب أن يهتر بها الكهرب ليحدث أمواج الضوء
 الأحمر يقتضى أن تبلغ أربعمائة بليون مرة قدر ذلك في الثانية .
 نعم إن هذه الأعداد وراء مقدور التصور ، ولكن كل ما نستطيع
 أن نفعله هو أن نتصور الكهرب طائراً لائاً حول الذرة مرة بعد
 مرة كما تعمل أتباع الكواكب من الأقمار ، سوى أنه يقوم
 بعدد عظيم جداً من الدورات في الثانية الواحدة من الزمن ، وإذا
 قلنا إن هناك كهرباً يدور مائة بليون دورة في الثانية وآخر يدور
 ستمائة بليون دورة فلن يفيد هذا الا في مساعدتنا على مقارنة
 سرعة بسرعة .

ولا بد أن يفهم الانسان جيداً أن كل ذرات المادة متألفة
 من عدد من الكهارب دائرة في مدارات متظمة ، وأننا لانستطيع
 بحال من الأحوال أن نحدث اضطراباً لهذه الانتظامات . ولكن
 هذه الكهارب المطلقة التى تدور حول الذرات كما تدور الأقمار
 حول كواكبها يمكن أن تتأثر بقوة خارجية . إننا باطلاق حرارة
 على جسم انما نعجل سرعة هذه الكهارب الدائرة . وبتبريد جسم ما
 نمثل هذه الكهارب المطلقة على الدوران ببطء . وحركة هذه
 الكهارب في كتلة من الحديد على درجة عادية من الحرارة تضطرب
 بفعل التصادم الجزئى . بحيث تدعى مقادير سرعة الدوران المترتبة
 على ذلك الى إحداث أمواج طويلة جداً في الأثير . ونسمى هذه
 أمواجاً حرارية . وكل شىء موجود يشع حرارة بدرجة ما . وإذا
 عدنا الى التجربة البسيطة جداً الخاصة بضرب قطعة من الحديد
 بمطرقة بخارية فانا نجد أننا نقدر بواسطة توالى الضربات على أن

نحمل الذرات على الاهتزاز بسرعة أكثر، وهذا يساعد هذه الكهارب الدائرة على اسراع الخطو . بعضها يصل على عجل الى حد من السرعة يستطيع عنده أن يبعث تلك الأمواج الأثيرية السريعة التابع التي تؤثر في أبصارنا ، والتي جرى الاعتياد بتسميتها ”بالضوء المنظور“ ويمكننا بواسطة مقاييس حرارة دقيقة أن نبين أن بعض الكهارب يستمر دائراً على معدلات الدرجة المنخفضة ، ويبعث الأمواج الأثيرية التي نسميها الحرارة المظلمة . عندما تصل قطعة من الحديد الى حالة الابيضاض من الحرارة يمكننا أن نبين بواسطة المرقب الطيفي ، الاسبيكتروسكوب ، (Spectroscope) أن كهاربها أخذت في بعث جميع مدى الأمواج الأثيرية التي تحدث الطيف المنظور (Spectrum) ويمكننا أن نبين أن هناك فضلاً عن أمواج الحرارة المظلمة وراء الضوء الأحمر اللطيف أمواجاً أثيرية أخرى من الضوء فوق البنفسجي متشعة من الفلز المتوهج . فظاهر اذن أننا حاصلون في المعدن المبيض الحرارة على كهارب طائرة حول ذراتها بمقادير من السرعة لا تتراوح بين أربعائة وثمانمائة بليون ميل في الثانية فقط بل إن منها ما تنقص سرعته عن ذلك أو تزيد .

قد رأينا أن الكهارب الدائرة هي التي تهيء حلقة الاتصال بين المادة والأثير، وفي الحق إنه لعجيب أن تكون هذه الأشياء المتناهية في الصغر ، أي الكهارب ، قادرة ، وهي في الشمس على مسافة ٩٣ مليوناً من الأميال ، أن تؤثر فينا ونحن على سطح هذا الكوكب . بل قد نتخادى فنفكر في الكهارب الدائرة المتصلة بالذرات في النجوم المعنة في البعد عنا . ونصوّر كيف تؤثر فينا على مدى بلايين من الأميال .

كل الاضطرابات الأثرية مسببة عن الكهارب المتحركة .
وفي حين أن الضوء والحرارة المتشعة مسبيان عن كهارب دائرة
فان أطول الأمواج الأثرية كالمستعملة مثلا في التلغرافية اللاسلكية
لا يمكن أن تنبعث من كهارب تدور في مدارات صغيرة . بل
تحدث من كهارب تتراوح ذهابا وجيئة في دائرة كهربية . ولا
صعوبة على كل حال في ادراك أن الاضطرابات الأثرية المختلفة
جميعها من نوع واحد وانما تختلف في أطوال أمواجها .

ولكن ربما قال قائل ان كل ما ذكر عن الضوء من حيث أنه
اضطراب كهربائي مغناطيسي في الأثير ليس الا نظريا بحتا ،
مثله مثل من يقول ان القمر مصنوع من الجبن الأصفر فلا يصدق
أحد لأنه لا يستطيع أن يقدم من الحقائق المشاهدة ما يعزز
نظريته . فأى حقائق نستطيع أن نقدمها لتعزيزها نظرية كهراطيسية
الضوء^(١) أولها وأهمها أننا نستطيع أن نثبت قطعا أن الضوء يجري
بنفس سرعة الأمواج الكهراطيسية . والواقع أن العالمين كانوا على
ثقة بهذه الحقيقة قبل اثباتها بالتجارب . وجد الانسان من قديم الزمن
بالملاحظة أن الضوء يسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية . أما كيفية
حصول هذه المشاهدة فنشرحها فيما بعد . ولكننا الى سنة ١٨٨٨ لم
يكن في استطاعتنا أن نقيس سرعة الأمواج الكهراطيسية ، بل
لم نستطع يومئذ الا أن نقول إن هذه الأشياء لازمة الوجود ،
ومع ذلك فقد استطاع الرياضيون في ذلك الوقت أن يستخرجوا
بالحساب من بعض المقاييس الكهربائية مقدار السرعة التي يجب
أن تكون لهذه الأمواج اذا أمكن وجودها . وكانت نتيجة هذه

(١) رأينا أن نخت كلمة كهراطيسية من كلمتي كهرباء ومغناطيسية لامكان اجراء
النسبة والمعد وغيرها من وسائل الابانة التي يضطر اليها الكاتب العلمى (المترجم) .

العمليات الحسابية الحصول على مقدار سرعة هو نفس مقدار سرعة الضوء المشاهدة . في الناس كثير من غير الخبيرين بالمسائل العلمية يهزون رؤوسهم انكارا لفكرة البرهان الرياضى ولكنهم اذا درسوا الموضوع درساً جدياً لا يفعلون هذا .

فى سنة ١٨٨٨ وجد نابه صغير السن من الأساتذة فى احدى الجامعات الألمانية وسيلة لكشف الأمواج الكهروايطيسية فى الأثير وقياسها . كان معروفاً فى ذلك الوقت أن التفرغ الكهروايطى كالشرر الذى يحدث بين كرتين متكهربتين — طبيعته الاهتزاز الأمامى الخلفى ، أى التذبذب ، وأن هذه التذبذبات من شأنها أن تبعث أمواجاً فى الأثير . ولكن لم يستطع أحد أن يتبدع وسيلة لكشف وجودها . فمن ذا الذى يستطيع أن يخترع آلة من الدقة بحيث تكفى لكشف هذه الأمواج التى كانت تلوح مستعصية على طالبها ؟

جاء الرد من الدكتور هنريك هرتز (Heinrich Hertz) الأستاذ النابه الذى سبق فى الإشارة إليه . لم يحتج الأمر معه الى جهاز أنيق بل الى طوق بسيط من السلك فيه فرجة ضيقة . كان عند هرتز فى غرفته جهاز ملف تأثير يحدث شرراً كهروبائياً . ولذا فقد كان الملف تبعاً لنظرية الرياضيين يحدث أمواجاً كهروبائية مغناطيسية فى الأثير المحيط . فذهب هرتز ليحول فى الغرفة والطوق فى يده ، وهو أشبه بسوار أو خاخال كبير ، فوجد أن قد حدث شرر عند الانفراج الضيق الذى فى ذلك الطوق السلكى . من حق غيره من المحبرين أن يلاحظوا أن هرتز حتى تلك اللحظة لم يستكشف شيئاً جديداً ، كما أن غيره من العلميين قاموا بتجارب مثيلة جداً بتلك ولا سيما الأستاذ "سلفانوس تومسون (Silvanus Thompson) اللندنى كما يتضح ذلك من الرجوع الى المجلة

الفلسفية (Philosophical Magazine) لسنة ١٨٧٦ عدد

سبتمبر .

في ذلك الوقت ، قبل تجارب هرتز باثني عشر عاما ، أثبت الأستاذ سلفانوس تومسون حدوث شرر كهربائي بين مفتاحين عاديين اذا وضعا متجاورين قريبا أحدهما من الآخر ، ووضعهما على مسافة ما من جهاز ملف الاستحداث (التأثير) ، ولكنه عند كلامه عما عمله هرتز قال "لم يخطر ببالى أن هذا الشرر دليل على حدوث أمواج كهربائية تقطع الفضاء" هذا هو استكشاف هرتز فهو لم يذهب في الغرفة يلاحظ الشرر مكتفيا بذلك بل أخذ يستكشف الأوضاع التي يمكن كشف الشرر فيها ، ممسكا بالجهاز (طوق السلك) في الوضع المناسب لكشفها .

والذى يهمننا في هذا المقام هو قياس هذه الأمواج .

لما وجد هرتز أنه يستطيع أن يكشف الأمواج الكهربية غير المنظورة استنبط على عجل وسائل قياسها . وضع لوحة كبيرة من المعدن على حائط غرفته ثم أرسل أمواجا كهربية صوبها بحيث تنعكس الأمواج مرتدة على نفسها . والمعروف أنه عند ما يرتد أى نوع من الحركة الموجية منعكسا على نفسه تتدخل الأمواج المنعكسة في الأمواج الأصلية وتسبب ما يسمى بالأمواج الساكنة . وسنكتفى ، دون الدخول في التفصيلات ، بأن نذكر أن هذا العمل من شأنه أحداث نقط تدخل تحدث تعادلا بين الموجتين . وهي تسمى "النقط العقدية" (Nodal Points) . ويمكن اثبات أن المسافة الواقعة بين نقطتين عقديتين هي بالضبط نصف طول الموجة ، وعليه يمكننا أن نفهم أن هرتز لما وجد في غرفته مكانين مختلفين لا تتأثر فيهما كشافة الباعث الكهربائي الشررى

أى منتج الأمواج علم أنه وجد نقطتين عقديتين كالتى سبق وصفهما فعلم عند ذلك أن المسافة بين هذين المكانين بالضبط هى نصف طول الأمواج الكهربية التى كانت تقرب من اللوحة الفلزية وتنعكس. وبهذه الطريقة قاس هرتز طول الأمواج الكهربية.

عرف هرتز سرعة الترحجات الكهربية فى جهازه المنتج للأمواج ، ولذلك كان من أبسط الأمور أن يحسب سرعة سير الأمواج ما دام قد عرف مقدار طولها. ولكى نجعل المسألة واضحة تمام الوضوح نعود الى المثل الذى ضربناه عن البركة بواسطة الغطاس .

نستطيع أن نبعث سلسلة من الأمواج بمعدل موجتين فى الثانية ، بغدير بنا والحالة هذه أن نعرف أن المسافة التى تقطعها الحركة الموجية فى الثانية لا بد أن تساوى طول موجتين بالضبط . فاذا وجد أحد أن طول الموجة التى تحدثها هو بوصة واحدة بالضبط أمكننا أن نقول ان الحركة الموجية تسير بمعدل بوصتين فى الثانية. هذه بالطبع حالة تصورية بحتة ولكنها تفيد فى بيان كيف أن هرتز بمعرفته عدد الأمواج المبعوثة فى الثانية وطول الموجة كان قادرا على حساب سرعة سيرها. وجد أن السرعة كانت ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية فأثبت باستكشافه هذا ما قرره الرياضيون من قبل بعملياتهم الحسابية . بهذه الطريقة أثبت هرتز أن الأمواج الكهربية تسير بنفس سرعة أمواج الضوء المنظور .

أما سرعة الضوء فقد عرفت قبل أن يقيس هرتز سرعة الأمواج الكهربية بأكثر من قرنين ، وليس من السهل بغير العمليات الحسابية أن نفسر طريقة ذلك بالضبط ولكن ربما كان فيما يأتى بيان :

لاحظ الفلكيون منذ مائتين وخمسين عاما نوعا من الاختلال في حركات أحد أقمار المشتري ، وكانوا قد وضعوا جداول يبينون فيها أين يكون القمر المشار اليه في أوقات معينة ، ولكن ذلك القمر لم يجر كما قدروا له ، فقد كان متأخرا في إحدى فترات السنة ربع ساعة كاملة عن مواعده المقرر مع سبق محافضته على هذا الموعد في حينه منذ ستة أشهر سابقة . فخير هذا الأمر جمهور الفلكيين ، ولم يستطع أحد أن يزعم أن قمر المشتري قد نقصت سرعته في وقت من السنة وعاد الى سرعته الأصلية بعد ذلك بستة أشهر . ومع ذلك فقد كان هذا القمر في دورته حول كوكبه متأخرا ست عشرة دقيقة ، وستا وثلاثين ثانية ، في الاختفاء عند منتهى ستة أشهر . ولقد كان معروفا تماما أن كوكب المشتري بعيد جدا عنا بنحو مائة مليون من الأميال تقريبا ، ولكن مهما يكن طول المسافة التي يقطعها الضوء من المشتري الى هذه الأرض ، فلا بد أن تستغرق وقتا واحدا لا يزيد ولا ينقص ما دامت المسافة بين المشتري والأرض ثابتة لا تتغير ولكن فلكي القرن السابع عشر كانوا يعرفون أن هذه المسافة لم تكن واحدة دائما . وبيان ذلك أنه في الوقت الذي كان فيه المشتري يلف حول الشمس لفته العظمى في مداره البعيد حول الشمس كانت الأرض تدور نحو اثنتي عشرة دورة كاملة في مدارها ، ولذلك فاننا في فترة من السنة نكون أقرب الى المشتري منا بعد ستة أشهر . وعند ما نكون على أقصى طرف من مدار أرضنا بعيدا عن المشتري يكون ضوءه مضطرا أن يسير مسافة أخرى إضافية عبر مدارنا ، وهذا ما لا يفعله ضوءه عند ما نكون عند أقرب نقطة اليه من المدار . ونحن جميعا نعلم أننا على بعد ٩٣ مليونا من الأميال عن الشمس ، وعليه فيكون قطر مدارنا ضعف هذه أي ١٨٦ مليونا من الأميال . وقد رأينا

أن أولئك الفلكيين وجدوا بالملاحظة أن قمر المشتري كان يلوح متأخرا عن مواعده المرتقب ست عشرة دقيقة وستا وثلاثين ثانية فاتفق لهم أن الضوء الوارد من المشتري استغرق هذا الوقت في قطع مدار الأرض . وإذا كان هذا الوقت يعادل ١٠٠٠ ثانية تقريبا ، وكان الضوء قد قطع في أثناء ذلك ١٨٦ مليونا من الأميال فلا حاجة بنا الى الورق والدواة لنعمل حساب سرعة الضوء في ثانية واحدة . ما علينا الا أن نحذف الأصفار الثلاثة الأخيرة من ١٨٦,٠٠٠,٠٠٠ ميل في الثانية . وهذه من العظم والكبر بحيث يخيل إلينا أن الضوء يسير من نقطة في أرضنا الى نقطة أخرى فيها بعيدة عنا في غير وقت .

ومما يلذ القارئ أن يعلم أن غاليليو حاول أن يقيس سرعة الضوء بتغطية المصابيح ليحجز نورها ثم يكشفها ليطلقه ، ولكنه لم يستطع بطبيعة الحال أن يحصل على نتيجة . ومع ذلك فقد وجد أنه من الممكن استنباط وسائل لقياس سرعة الضوء بتجارب مباشرة .

يلذ لنا أن نعرف الفكرة التي تقوم عليها إحدى هذه التجارب ، دون أن نرهق أنفسنا بالتفصيل . الأصل فيها سرعة تعريض شق ما وتغطيته بحيث تستطيع حزمة من الضوء أن تنطلق خارجا فتعمر بالشق وتسقط على مرآة موضوعة على مسافة ثابتة ، ثم تنعكس على الشق حيث تدخل وتمكن مشاهدتها بعينه . إذا كان الضوء في حقيقته ينتقل بجأة (في غير زمن) فإنه يكون في طاقة شعاع الضوء أن يعود ويدخل من الشق مهما كانت سرعة إقفاله . وقد استنبطت وسيلة بسيطة لفتحه واقفاله بسرعة عظيمة . تصور قرصا فيه صف من الخروق مثقوبة فيه حول حافته الخارجية ، وهم يستعملون في الواقع عجلة مسننة "ترسا" والقرص مهيا بحيث

أن الثقوب تمر بالتتابع أمام الشق . فإذا أدير القرص بسرعة عظيمة فانا نجد الشق ينكشف ويتغطى بسرعة عظيمة . فإذا كان الضوء يستغرق أى وقت فى الانتقال من الشق الى المرآة ويرتد بالتالى فلا بد أن نجد اننا اذا وصلنا فى سرعة ادارة القرص الى درجة عظيمة فلا بد أن يأتى ظرف يرتد فيه الشعاع الى الشق فى الوقت الذى يقفل فيه . ولا يمكن عندئذ ملاحظة دخول أى ضوء فى العينة اذا كان هذا ما يحصل . ولذا فانه اذا كانت سرعة ادارة القرص تزداد حتى ينبجج الضوء المنعكس فى دخول الشق من الثقب الذى على الثقب الذى خرج منه الضوء الأصيل يكون من الواضح أن الضوء استغرق فى السير من الشق الى المرآة ، وبالعكس ، قدر ما استغرقت حافة القرص فى الدوران من ثقب الى ثقب تال . وباجراء عملية حسابية بسيطة أساسها سرعة دوران القرص يحصل على الزمن الذى استغرقه فى حركته هذه البسيطة . وعندئذ نعرف مقدار الزمن الذى استغرقه الشعاع فى قطعه المساحة المقيسة الواقعة بين الشق والمرآة . وتكون النتيجة بالضبط ١٨٦,٠٠٠ ميل فى الثانية . ولقد استنبط بعض المشتغلين بالتجارب وسائل أخرى لقياس سرعة الضوء ، وكانت كل نتائجهم تقع بين ١٨٥ و ١٨٦ ألف ميل فى الثانية .

واذا اقتنعت نفوسنا بأنه ليس فى أمر سرعة الضوء المقررة حدس ولا تخمين فان مما يلذ الانسان أن يرى كيف يقاس طول هذه الأمواج حين يقال انها لا تعادل إلا واحدا من ثلاثين ألف جزء من البوصة . قد يظن الانسان أن هذا ممكن تصوره لمن يستطيع التفكير الرياضى الخالص ، ولكن هذا لحسن الحظ غير الواقع . ولا بد أن يتذكر القارئ أن الدكتور توماس

يانج ، أول أستاذ لعلم الفلسفة الطبيعية في المعهد الملكي بلندن ، كان أحد رواد نظرية الموجات الأثيرية للضوء ومن تجاربه المشهورة تلك التي تبين أن الموجتين الضوئيتين قد تتدخل أحدها في الأخرى حتى تحدثا ظلاما . أخذ يانج حزمة ضيقة من الضوء من لون واحد — الأحمر مثلا — حتى تكون الأمواج كلها من طول واحد . ووضع ستارا حائلا في ممر هذه الحزمة الحمراء ولم يسمح للضوء أن يمر خلال الحائل إلا من ثقبين صغيرين متقاربين جدا في الحائل . ولذلك مررت وراء الحائل حزمتان صغيرتان من الضوء الأحمر من نقطتين متجاورتين جدا وسمح لضوءهما أن يسقط على حائل أبيض . فالذي ينتظره الانسان هو أن يجد رقعة من اللون الأحمر مكونة من حزمتي الضوء الأحمر الآتي خلال الثقبين ومع ذلك فقد وجد يانج شيئا أكثر من هذا . وجد أن الشبح الذي على الحائل كان متكونا من خطوط حمراء متعاقبة مع خطوط مظلمة ، وبعبارة أخرى وجد أشربة ظلام . وعند ما كان يسد أحد الثقبين كان الشبح المرئي على الحائل رقعة من الضوء الأحمر الخالص . ولكن كلما كان الضوء يمر من الثقبين كليهما كانت توجد خطوط الظلام تلك . واستعمل يانج نتيجة هذه التجربة برهانا على نظرية الضوء الموجية . ولو كانت نظرية الكريات صحيحة لكان انضمام شعاعين من الجسيمات المضيفة بعضهما الى بعض من شأنه أن يزيد في قوة الاضاءة ، لأنك اذا أضفت شيئا الى شيء فان النتيجة لا يمكن أن تكون لا شيء ، أما اذا لم تكن حزمتا الضوء متكونتين من جسيمات مادية ، بل كانتا مجرد حركة موجبة في وسط ما ، فانه يكون من الواضح جدا أن تتدخل موجة في موجة وتحدث أشربة الظلام تلك عند نقطة التقائهما .

ولقد أمكن يانج بواسطة هذه التجربة البسيطة نفسها أن يقيس طول موجة اللون البرتقالى . تصوّر قطارا مفردا من الأمواج مارا فى الثقب رقم ١ واقعا على الحائل على نقطة أمامه مباشرة ، وقطارا آخر من الأمواج مارا من الثقب رقم ٢ واقعا على نفس النقطة فى الحائل ، وهذه النقطة لا يمكن بطبيعة الحال أن تكون أمام الثقب الثانى . وواضح أن الأمواج المارة بالثقب رقم ٢ ستقطع مسافة أطول بمقدار طفيف جدا مما تقطعه الأمواج المارة من الثقب الأول . اذا تلاقت هاتان الموجتان فى أول خط مظلم فانهما تتدخلان بعضهما فى بعض بحيث لا بد أن تكون احدى الموجتين وراء الأخرى بمسافة نصف طول موجة بالضبط ولذا يكون الفرق فى طول هذين القطارين من الأمواج عبارة عن نصف طول موجة بالضبط . وقد وجد يانج أن من الممكن أن يستخرج بالحساب هذا الفرق الضئيل بين هاتين المسافتين ووجده واحدا من ثمانية آلاف جزء من البوصة ، وكان هذا فعلا مقاس نصف طول موجة اللون الأحمر، وقد وجد أن طول أمواج هذا اللون واحد من أربعين ألف جزء من البوصة . ويمكن قياس ألوان الطيف الأخرى بالطريقة عينها . ويحدد القارئ جدولا يتضمن هذه الأطوال بالتفصيل فى الملحق الثالث .

لقد عرفنا الضوء المنظور أموجا أثرية تحدثها الكهارب الدائرة حوال ذرات المادة . وطريقتنا الرئيسية لاجداث هذه الأمواج الأثرية القصيرة تتحصر فى اجماء مادة ما الى درجة عالية . ولكن بالرغم مما نسمعه عن الطرق الاقتصادية المستعملة لاجداث الاضاءة الصناعية نجد أن كل طرائقنا منظوية على الاسراف المضحك . تصوّر أن رجلا يصنع أى مادة نافعة وأنه فى الوقت

الذى ينتج فيه عشرة أرتال من المادة المقصودة ينتج تسعين
 رطلا من مواد ثانوية غير نافعة أى من مواد لا يستفيد من ورائها
 شيئا مطلقا . لم يسمع أحد بمثل هذه الصناعة المسرفة ولكن هذا
 ما يحدث فعلا عند ما تنتج هذه الصناعة ضوءا صناعيا . بل ربما
 كان فى إيراد مثل آخر بيان أوضح . تصور أن صاحب عمل يريد
 أن ينجز مقداراً ما من عمل نافع . عرف الرجل بالتجربة أنه يحتاج
 الى مائة عامل لانجاز العمل المقصود ، ولكنه واثق أن العمل الذى
 يريده ممكن أن ينجزه عشرة عمال لو عرفوا كيف يؤدون العمل .
 ونحن نحرق فؤارة من الغاز لكى نحدث ضوءا صناعيا ، ننشد
 بهذا بعث أمواج أثرية من طول معلوم . ولكنا بعملنا هذا انما نتج
 ثلاثة فى المائة من هذه الأمواج ، أما السبعة والتسعون الباقية من
 المائة فلا نريدها ، ويمكننا أن نستغنى عنها ، إذ أنها فى الحقيقة
 أمواج حرارة مظلمة . كلما كان الجسم الباعث الأمواج الأثرية أشد
 حرارة كانت النسبة المئوية للأمواج الأثرية أكثر ولكنا لانستطيع
 حتى بمصاييح القوى الكهربية أن نصل الى أكثر من عشرة
 الى خمسة عشر فى المائة من الاقتدار .

نحن فى وسائل اضئتنا الصناعية تقلد الشمس على وجه ما ،
 فهى تنتج ثلاثين فى المائة من أمواج الضوء المنظور . على أن
 الطبيعية غير مسرفة ، فإن السبعين فى المائة الباقية من الأمواج
 الأثرية الخفية التى تبعثها الشمس مطلوبة لامدادنا بالحرارة
 اللازمة لاستبقاء الحياة على كوكبنا ، وإحداث تغيرات كىاوية .
 فلواننا نستطيع أن نقلد الطبيعة كما نراها إذ تنتج ضوءا فى الجحاحب
 حيث يكون جميع الاضطراب الأثرى على صورة ضوء منظور ،
 ولا أمواج حرارة مظلمة ، لاستطاعتنا أن نحدث الاضاءة على نطاق

واسع . نعود الى اضاءة الجباحب فنذكر أن سير أوليفر لودج قد لاحظ أننا اذا استطعنا أن نحصل من الطبيعة على هذا السر ”لاستطاع الصبي الذي يدير ذراع آلة أن يعطى من الطاقة ما يكفى لاضاءة دائرة كهربائية كاملة“ .

رأينا كيف أنتج هرتز وكشف وقاس الأمواج الأثيرية بوسائل كهربائية بحتة ، واليوم أصبح من عاديات الأمور في التلغرافية اللاسلكية أن نبعث هذه الأمواج الأثيرية بحمل الكهارب على الترحج ذهابا وجيئة في دائرة كهربائية ، وأدركنا أيضا أن هذه الأمواج لا تختلف عن الضوء المنظور الا في أنها أكثر من أمواجه طولاً . اذن فلا بد لنا لاحداث الموجات القصيرة للضوء المنظور من أن نسرع حركة الكهارب . ولكن هنا محل الصعوبة . فان أقصر الأمواج الأثيرية التي استطعنا أن نحدها بالترجمات الكهربائية مفترقة بعضها عن بعض بمسافة سدس بوصة تقريبا ، على أنه لا بد لنا أن نحشد في البوصة ما لا يقل عن ثلاثين ألف موجة حتى تؤثر في جهازنا البصرى . هذا ما تفعله الطبيعة ولكنها لا تستعمل ترجحا بسيطا في الكهارب بل تحملها على الدوران حول ذراتها مئات البلايين من المرات في الثانية . فظاهر اذن أنه لا بد لنا من أن نبتدع وسيلة ما لاعطاء الكهارب هذه الحركة الدائرية العنيفة حتى نستطيع أن نحداث ضوءا صناعيا بغير ذلك الاسراف العظيم الجارى الآن .

قد لا يكون من الواضح للجميع كيف ينشأ هذا الاسراف العظيم في عملية انتاج الضوء بواسطة احماء مادة ، لهذا نقول إننا اذا أحمينا جسما فاننا نحداث اضطرابا عظيما في جزيئاته ، وهذا التصادم المستمر بينها يمنع حرية دوران الكهارب حول ذراتها . ولذلك

تكون عندنا كهارب سائرة على سرع متباينة ، يصل مقدار عظيم منها الى معدل السرعة التي تحدث عندها أمواج الحرارة المنظمة ولا تصل الى معدل السرعة التي ينتج عندها الضوء المنظور إلا نسبة مئوية صغيرة جدا . والذي نريده هو أن نحمل جميع الكهارب على الدوران بالسرعة العالية اللازمة .

ليس من الضروري أن نفرض حدوث تباين في سرعة الكهارب القهريّة إذ أننا نستطيع أن نتصور حركة اهتزازية حادثة فوق حلقة الكهارب الدائرة ولكن الفكرة الأولى أبسط وتفيد في تفسير ظاهرة الضوء .

(ملاحظة) لم أر حين عابجت نظرية الضوء الكهر طيسية أن أتناول الموضوع من وجهته التاريخية ولكن لما كان هذا الأمر مما تلذ معرفة فقد أثبت فذاكة عن ذلك في المالحق الثاني ص ٢٩٧ .

الباب الثانى عشر

معلومات اضافية عن الضوء

الخواص المميزة للضوء - معنى الضوء المستقطب - مثل شارد - كيف يمكنه أن نبين متى يكون الضوء مستقطبا - صور ملونة جميلة مستحدثة بالفانوس السحرى من ألواح عديمة اللون - برهان تجريبي على أن الأمواج الحرارية والأمواج الكهربية حائزة عين الخواص المميزة التي للضوء المنظور - كيف تبعث المادة أمواجاً أثرية - كيف تثر الأمواج الأثرية في المادة - كيف تعكس بعض الأجسام الضوء وتمتصه أجسام أخرى - حكاية ترفافية - كيف يقطب "التورمالين" الضوء .

أوضحنا في الباب السابق أن ليس هناك شك مطلقاً في صدق القول بأن أمواج الحرارة المظلمة والأمواج الكهربية هي أمواج ضوئية غير منظورة وأن الفرق الوحيد هو في الطول الموجى أى في المسافة الواقعة بين الأمواج المتتابعة .

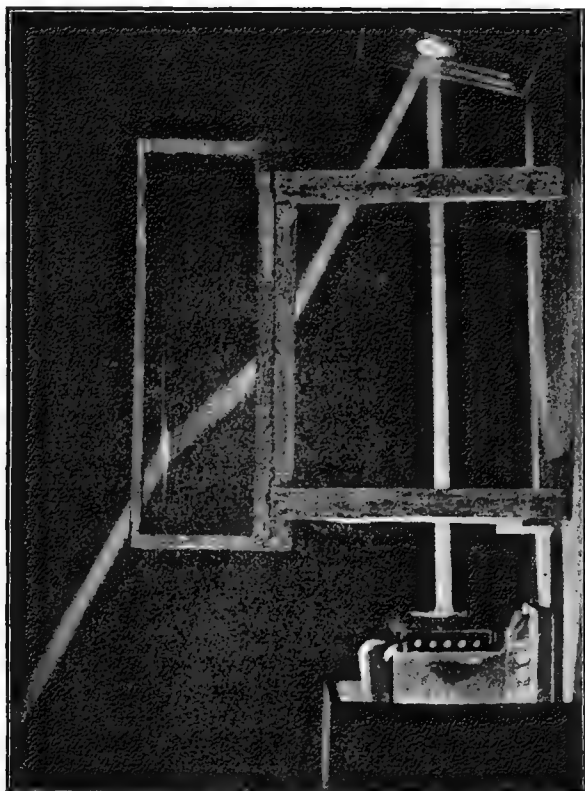
ولقد اعتدنا بعض خواص الضوء المادى حتى أصبحنا نتمربها ولا نكاد نلتفت إليها . فنحن نرى الضوء يسقط على المرئيات حولنا ولا نفكر في أننا لا نرى هذه الأجسام إلا لأنها تعكس بعض الأمواج الواقعة عليها وأن هذه الأمواج الأثرية المنعكسة تدخل أبصارنا . يعلم كل انسان أن الضوء ممكن عكسه . وهناك خاصة أخرى للضوء لا يفوت أحدا من الناس حتى أقلهم . شاهد أن يراقبها ، وهى أن الضوء ممكن ثنيه عن مساره العادى المستقيم فانك اذا وضعت عصا مستقيمة على زاوية بحيث يكون جزء منها فى الماء وجزء فى الهواء ، ترى أنها تلوح كأنما هى عصا مشناة . هذا الانثناء فى الضوء أى الانكسار (Refraction) كما يسمونه ، مبين بوضوح فى الصورة الفوتوغرافية المقابلة لهذه الصفحة .

وهناك خاصية ثالثة للضوء، هي أنه يمكن استقطابه (Polarised) وهذه الخاصية على غرابة اسمها واحتمال تأديته بكثير من الناس الى تصور أن الموضوع صعب جدا هي في الحقيقة سهلة غاية السهولة . ان أمواج البحر لا يمكن أن تهترالا في اتجاه علوى سفلى، أى رأسى، لأنها تحدث على سطح أفقى منبسط . على أن أمواج الأثير لا تحدث على سطح بل في باطن بحرها الأثيرى العظيم، ولذا فوصفها بالعلوى السفلى لا يعنى شيئا خاصا بالنسبة لها ، لأن من السهل على أمواج الأثير أن تهتر في زاوية ما كما تهتر في غيرها .

قد نعمد ، لتسهيل القول ، الى تشبيه الأثير بمقدار عظيم من الفالودج . تصور فالودجا عاديا كالذى يقدم على المائدة في الغداء والعشاء . ولنفرض أن الطاهى قد صنع لنا فالودجا كبيرا جامدا لأغراض تجريبية . اذا غرسنا في الفالودج دبوسين طويلين من دبائيس القبعات أحدهما مبعده عن الآخر فانا نجد أن أى حركة اهتزازية تعطى الى أحد الدبوسين يقلدها الدبوس الآخر . الفالودج يحمل الطاقة من أحد الدبوسين الى الآخر .

لقد بحثنا حركة موجية في الفالودج . ولا عبرة بأن تكون الحركة علوية سفلية ، أو يمينية يسارية ، فقد تكون على أى زاوية من الزوايا .

عد ما تحدث أمواج الضوء العادى من الجسم المسخن نتصور أن الاضطراب مسبب عن الكهارب الدائرة حول الذرات وان هذه تكون مستقرة على كل نوع من أنواع الزوايا بحيث يستعصى أن يتهور الانسان أمواج الأثير مهترة في اتجاه واحد ، فنقطب الضوء معناه مجرد تهديد جميع الأمواج ما عدا ما كان منها مهترا في اتجاه واحد معين . وقد يساعد المثل التشبيهى الآتى على ايضاح المسألة :



تق حزمة من الضوء

يرى في الجانب الأيسر من الصورة الفوتوغرافية مصباح يرسل حزمة من الضوء تقع على مرآة ثم تنعكس إلى أعلى . وتتحرك الحزمة في صهرج زجاجي فيه ماء ذو تألق فوسفوري ، ثم يخرج منه داخلا في الهواء . وتكثر الضوء بانتقاله من وسط إلى وسط ظاهر جدا .

لنفرض أن حيوانا ما كان يدنو من جدار عال ليس فيه منفذ الا شق رأسى يمتد من أعلاه الى أدناه، وأنه من السعة بحيث لا يسمح الا بمرور الحيوان منه على استقامة . اذا كان هذا الحيوان الوهمى يتجأف مسرعا من جانب الطريق الى الجانب الآخر ولا يقدر على وقف هذه الحركة الجانبية السريعة فظاهر أنه عند ما يصل الى الشق الضيق يتعطل سيره بتاتا . ولكن اذا كان شذوذ سير هذا الحيوان التخلي ينحصر في القفز باستمرار من تحت الى فوق، بيد أنه يسير مع ذلك الى الأمام في خط مستقيم، فلن يعوق ذلك المنفذ الرأسى مروره . واذا سيق قطع من هذا الحيوان الغريب نحو جدار فيه عدد من أمثال هذا المنفذ الضيق العالى فظاهر أنه لا تنفذ منه الا تلك الأفراد التى تترك تلك الحركة القافزة الرأسية، وعليه فاننا نجد في الجانب الآخر قطيعا أصغر عددا ولكن كل فرد فيه متحرك رأسيا .

في هذا المثل الشاذ تمثل الحيوانات حركات الضوء الموجبة . ويمثل الجدار هو ومنافذه الرأسية فريقا من المواد أهمها الجوهرة البلورية المعروفة باسم "التورمالين" (Tourmaline) فان شريحة رقيقة من هذا الحجر الثمين تعمل حيال أمواج الضوء كما عمل الجدار هو ونوافذه الرأسية حيال تلك الحيوانات الشاذة من مثلنا المذكور . على أنا لا نزيد في الصورة الا تلك الأمواج ذات الحركة الرأسية المسارة خلال التورمالين، اذ أن الضوء الذى يمر منها فعلا يكون مهترا في اتجاه واحد محدود أى مستقطب . (Polarised)

قد يلوح كل ما ذكر عن استقطاب الضوء تصوورا بحتا فكيف نستطيع أن نقطع بحدوثه ؟ نحن لا نرى فرقا في شيء .

لنعد لحظة الى المثل السابق ، ولنفرض أن الجدار قد أدير على جانبه حتى أصبح الشق الرأسى أفقيا ، أو نجعل مثلنا أتم بتصور جدار عال فيه عدة شقوق أفقية بمثابة منافذ . فى هذه الحالة لا تكون الحيوانات ذات الحركة القافزة الرأسية هى التى تمر، لأنها تجد طريقها معترضا تماما . أما الحيوانات ذات التحرك التجانفى فانها تستطيع أن تتجانب ما شاءت خلال تلك الشقوق أى المنافذ الأفقية . بهذا وذاك نكون قد استعملنا وسيلتين لتعطيل مرور فريق تلك الحيوانات الشاذة .

وإذا نحن فى المبدأ سقنا القطيع كالسابق نحو المنافذ الرأسية فاننا لا نسمح بالمرور الا لما كان منها ذا حركة رأسية فى المسير . ونسوق هذه الحيوانات القافزة صوب الجدار الثانى المشتمل على منافذ أفقية فلا يستطيع أحد منها أن ينفذ . وتكون النتيجة أن لا تكون عندنا حيوانات مارة خلال الجدار الثانى . والأمـر كذلك فى حجر التورمالين والضوء . فاننا نستطيع أن نحدث ضوءا مستقطبا رأسيا . وباصرار هذا خلال شريحة أخرى من التورمالين مدارة على جانبها أو بالتحديد على مدى ربع دورة فاننا نستطيع أن نسد الطريق فى وجه هذه الأمواج الرأسية ونحدث ظلاما تاما . وقد جرت العادة بتسمية قطعة التورمالين الأولى المستقطب (Polariser) والقطعة الثانية "المحلل" (Analyser) بيد أنهما متمثلان بالضبط ولا تحتاجان الا الى اسمين مختلفين للدلالة على قطعة التورمالين التى يتناولها القول . وهناك طرق أخرى لاستقطاب الضوء ولكن الذى نريده هنا هو تقرير أن هذا الأمر هو من خواص الضوء المميزة .

وقد نلاحظ على ذكر هذا أنه قد تحدث من الضوء المستقطب تأثيرات جميلة جدا على لوحة الفانوس فانه اذا وضع المستقطب والمحلل بحيث يقطعان الضوء كله فاننا نجد اللوحة مظلمة ، واذا نحن وضعنا عندئذ شريحة رقيقة من حجر الطلق (mica) وهو مادة شفافة معروفة عديمة اللون ، بين القطعتين الاستقطائيتين فالمنتظر أن لا نرى شيئا . ولكن حجر الطلق تبعا لسما كته يسمح لبعض أطوال موجية من الضوء المستقطب ان تمر حتى يحدث في مقابل ذلك احساس لوني عند النظر في آلة الاستقطاب (Polariscope) أو عند النظر الى الصورة الملقاة على لوحة الفانوس . وعند ما يدار المحلل يتغير هذا اللون بصفة بلونه المتم . ولما يكون المحلل في وضع معين فانه يسمح لبعض أطوال موجية بالانتقال وبوقف غيرها . ولكن اذا أدير المحلل خلال ٩٠° فان الأطوال الموجية التي سبق انتقالها تقف والتي سبق وقوفها تنتقل . وهناك مواد أخرى تعمل عمل الطلق ، وتتوقف الألوان المتنقلة على طبيعة المادة المستعملة وكذا على سماكة الشريحة التي يمر منها الضوء المستقطب .

ولقد رأيت صورا ملونة تلوينا عجيبا ناتجة عن ألواح عديمة اللون تماما من ألواح الفانوس السحري بمساعدة الضوء المستقطب فالصور التي على اللوحات المذكورة مؤلفة من عدة شرائح من مواد مختلفة عديمة اللون . وجميعها مجمعة بعضها الى بعض بدقة وكمال على صورة ببغاء ، أو غيره ، متعددة الألوان . اللوحة عديمة اللون ومع ذلك فانه لما يرى الانسان صورتها على لوحة الفانوس يصعب عليه أن يدرك أن الصورة لم تنتج عن لوحة منقوشة وملونة . وتزداد روعتها اذا أدير المحلل اذ تبدل الألوان بتاتا فترى حمرة ذيل الببغاء قد انقلبت زرقة مخضرة . واذا لف المحلل

تجد جميع الألوان قد تبدلت بمتعلقاتها . فيصبح الأصفر أزرق والوردي أخضر والأزرق المخضر أحمر .

وقد صرنا مما سبق على علم بأن الضوء يمكن استقطابه . وهذه الخاصية الضوئية لا تقع تحت حسنا في حياتنا اليومية العادية ولكن هناك خاصة بارزة أخرى للضوء نلاحظها دائماً . فانه لا يفوتنا أن نلاحظ أن الضوء العادي الساقط على أنواع شتى من الأشياء لا ينعكس كله عنها . ولا يفوت أضعف الناس ملاحظة أن الشيء الأبيض اللون يعكس من الضوء أكثر بكثير مما يعكسه الشيء الأسود . فإذا يحدث للضوء الذي لا ينعكس ؟ لا بد أن الجسم الذي وقع عليه قد امتصه . هذا الامتصاص للضوء هو من خصائص الضوء الثابتة . وهو مما يقع على الدوام تحت حسنا .

نستطيع أن ندرج مختلف خواص الضوء تحت الرؤوس الآتية :

الانعكاس والامتصاص والانكسار والاستقطاب . فهل صحيح أن جميع الأمواج الأثيرية حائزة على هذه الخواص بعينها ؟ لا بد أن تبدى الأمواج الأثيرية هذه الظواهر الطبيعية بعينها اذا كان حقاً أن الضوء والحرارة الاشعاعية والأمواج الكهر بائية جميعها متطابقة الا في أطوال أمواجها ، والآن نريد أن نرى برهانا عملياً على صدق هذا القول .

في أول الأمر نقارن الحرارة الاشعاعية بالضوء . لا حاجة بنا الى الاستشهاد لاثبات أن الحرارة ممكن عكسها كما يعكس الضوء المنظور . اذا فكر الانسان في السبب الذي يدعو الثمرة الى سرعة النضج اذا كان نموها على جدار أكثر مما لو كان نموها على شجرة

يسوقنا هذا الى استنتاج أن الحرارة تنعكس على الثمرة من الجدار فتجتمع لها أمواج هذه الحرارة المنعكسة فضلا عن أمواج الحرارة الأصلية .

واذا أردنا برهانا تجريبيا على انعكاس أمواج الحرارة الاشعاعية نجد تجارب عديدة من هذا القبيل . اذا رجعنا بالتصور الى المعهد الملكي في أوائل القرن التاسع عشر نجد سير همفري دافى (Sir Humphry Davy) يبين هذه المسألة بعينها . نجد بين يديه مرآتين مقعرتين كبيرتين من فلز مفضض . احدهما معلقة فوق منضد التدريس وفوهتها الى أدنى ، والأخرى راقدة على المنضد وفوهتها الى أعلى . احدى المرآتين على ارتفاع سقف عادى وهى موضوعة بحيث يمكن تنزيلها بسهولة الى المنضد وترفع بعدئذ . وتحمى كرة حديدية الى درجة الحرارة الحمراء وتعلق بواسطة هلب مثبت فى باطن تلك المرأة المقعرة ثم ترفع المرأة ثانية . فى هذه الحالة تنعكس الأمواج الحرارية الى أدنى على المرأة الأخرى الموضوعة على المنضد وبعد سقوطها عليها تجمع فى بؤرة ، أى أنها بعبارة أخرى تجمع الأمواج بعضها الى بعض وتتلاقى فى نقطة . واذا وضع سير همفري دافى يده عند هذه النقطة فانه لا يستطيع ابقاءها عندها طويلا اذ الواقع أنه اذا وضع أى مادة قابلة للاشتعال عند هذه النقطة فانها تشتعل على الفور بتأثير الحرارة المركزة . فلنكتف بهذا فى موضوع انعكاس الحرارة الاشعاعية ، فاننا مقتنعون بأن أمواج الضوء وأمواج الحرارة فى الأثير هى من وجهة هذه الخاصة واحدة .

والخاصة الثانية التى سنتناولها هى الامتصاص . إن مسألة امتصاص الحرارة الاشعاعية من الشبوع بحيث يصعب أن يتذكر الانسان تجربة طريفة . لنفرض أن الأرض مغطاة بالثلج تغطية

كاملة والشمس مشرقة ونأخذ قطعتين من قماش القطن كلتاها من نسيج واحد سوى أن احدهما قد قصرت (بيضت) تقصيرا كاملا والأخرى قد صبغت بالسواد . اذا وضعنا هاتين القطعتين على سطح الثلج بحيث تقع أشعة الشمس عليهما بالسواء فاننا نجد أن الثلج الذى تحت القطعة السوداء يذوب قبل الثلج الذى تحت القطعة البيضاء بزمان طويل . فظاهر من هذا أن القماش الأسود قد امتص أمواج الحرارة فى حين أن القماش الأبيض قد عكسها وبهذا وقى الثلج . صح إذن أن الضوء والحرارة الاشعاعية فى هذه الخاصة الثانية يسلكان مسلكا واحدا أن كلا منهما يمكن أن تمتصه بعض المواد .

فما بال الخاصة التالية: الانكسار ؟ علينا أن نجري تجربة معمّلة لبيان هذه . نحن نعرف أن منشورا من الزجاج يثني الضوء عن مساره المستقيم العادى ، ولكن لما كان مثنور الزجاج معتما بالنسبة لأمواج الحرارة الاشعاعية ، فسنستعمل منشورا من الملح الصخرى ، إذ أن هذه المادة تسمح لأمواج الحرارة الاشعاعية أن تمر خلالها . نبتدئ بتهيئة ينبوع من الحرارة حتى يلقى حزمة من الحرارة الاشعاعية باستقامة على ترمومتر حساس . ويقوم مقياس الترموبيل (Thermopile) أى الترموكوبل (Thermocouple) الكهربي بآى بمثابة مقياس حرارة مناسب جدا لكشف هذه الأمواج الحرارية الاشعاعية . اذا وضعنا مقياس الحرارة الى جانب قليلا كى لا تصل اليه أمواج الحرارة فانه يعين الحرارة العادية للغرفة ، واذا وضعنا منشورا من الملح الصخرى فى طريق أمواج الحرارة نجد أننا نستطيع أن نعطفها الى جانب حتى تقع على مقياس الحرارة . نعم اننا لا نستطيع رؤية الأمواج ولكنا نرى درجة حرارة المقياس أخذة فى الارتفاع ، ولذا فانه لا صعوبة فى تسليم الانسان بصحة

القول بأن الضوء والحرارة الاشعاعية هما من طبيعة واحدة من حيث هذه الخاصة الثالثة ، أى الانكسار . كل تليذ يغزف أن العدسة تكسر أمواج الحرارة فتثنيها وتجمعها في بؤرة ، وليس أمر زجاجات الاحراق مجهولا لأحد منا . وأذكر أنى قرأت في بعض الجرائد اليومية أن صبيا اشعل النار في الستار الداخل لنافذة دكان وهو واقف خارجها يركز أمواج حرارة الشمس على الستار بواسطة عدسة مكبرة ، ولكن من حسن الحظ أنهم أطفأوا النار قبل أن تحدث ضررا كبيرا والا فربما كان الأمر على غير ما حدث .

لم تبقى الا خاصة الاستقطاب . وهذه يمكن تبيانها بوسائل مماثلة جدا لتلك التى استعملت فى استقطاب الضوء المنظور . ويستعمل مقياس التشعيع (الترموبيل) لكشف وجود الأمواج الحرارية .

فما بال الأمواج الكهربية التى من قبيل المستعمل فى الكهربية اللاسلكية ؟ أهى أيضا حائرة خواص الانعكاس والانكسار والاستقطاب ؟ إن لدينا وسيلة صالحة لكشف هذه الأمواج الكهربية . فاننا نستطيع أن نهيئ تهيئة يبعث فيها جرس كهربائى على الدق عند ما تسقط تلك الأمواج على مستقبل لاسلكى . عند ما نحدث وابلا من الشرر الكهربائى نبعث أمواجا كهربية فى الأثير المحيط . وهذه الأمواج تنتشر فى جميع الاتجاهات ، فاذا وضعنا هذا المرسل أو جهاز الشرر داخل صندوق من النحاس فاننا نحبس كل الأمواج . ولكنا اذا تركنا فتحة فى جانب من الصندوق فان بعضها ينطلق منها ، وهذا البعض يسير الى الخارج فى خط مستقيم ولكنه ينتشر بالتدريج متسعا كما يفعل الضوء . فاذا كان المستقبل اللاسلكى

واقعا داخل خط النار أى فى مجراها فلا بد أن يدق الجرس .
ولكننا نضع المستقبل فى صندوق نحاسى آخر فيه فتحة هو أيضا ،
ونضع هذا الصندوق بحيث تكون فوهته على بعد يكفى لكى
لا تصل اليه الأمواج الكهربائية بل تنطلق مارة به ولا تدخل .
فاذا نحن فى هذه الحالة أمسكنا بصفحة فلزية ووضعناها فى
مسار الأمواج فاننا نجد أننا بامسكنا الصفحة على زاوية معلومة
نستطيع أن نعكس الأمواج الكهربائية حتى تدخل صندوق المستقبل
وتدفع الجرس الى الدق . ألا انه لا شك فى أن الأمواج الكهربائية
حائزة لخاصة الانعكاس هذه .

هذا وبدلا من استعمال صفحة من الفلز لنعكس بها الأمواج
الكهربائية نضع منشورا فى مسارها فنجد أن الأمواج فى مرورها
خلال المنشور تنكسر أى تنثنى الى جانب حتى تدخل صندوق
المستقبل . ولهذا الغرض نستعمل منشورا من البرافين اذ أنه أشف
للأمواج الكهربائية .

وقد استنبط بعض المشتغلين بالتجارب وسائل مختلفة لبيان أن
هذه الأمواج الكهربائية مستقطبة أى أنها جميعها مهتزة فى اتجاه
واحد . وأبسط برهان تجريبي على ذلك هو أنها تمر خلال شبك
سلكى خاص حين يكون على وضع خاص . فاما اذا أدير حتى تصبح
أسلاك الشباك على زاوية قائمة بالنسبة للوضع الأول انسداد الطريق
أمام الموجات . والسبب فى هذا واضح مما سبق لنا الكلام بصدد
عن الضوء المستقطب . الأمواج فى الحالة الحاضرة مستقطبة فعلا
فمقام الشباك السلكى اذن مقام قطعة التورمالين الثانية Tourmaline
المعروف بالمحلل .

لا يقوم في أذهاننا شك في صدق القول بأن أمواج الضوء والحرارة الاشعاعية والأمواج الكهربائية جميعها من طبيعة واحدة، اذ عندنا من البراهين التجريبية القاطعة أن خصائصها واحدة . وقد جرت العادة بادراج هذه الخصائص تحت باب الضوء، ولكن هذا يتطرق بنا الى الكلام عن الضوء المنظور وغير المنظور وهذا يبدو لنا من المتناقضات . فقد اعتدنا أن نقرن كلمة الضوء باحساس النور ، ولذلك يبدو قولنا ” ضوء مظلم “ مضحكا . وجدير أن يبرر ادراج هذه الفرق الثلاث تحت عنوان ” الأمواج الكهربائية “، ولكن هذا الاصطلاح أنسب في اطلاقه وصفا لتلك الأمواج التي يبعثها المرسل اللاسلكي . فخير وسيلة لنا أن نسميها جميعا ” أمواجا أثيرية “ بعضها يبعث حرارة في المواد التي تقع عليها وبعضها يؤثر في احساسنا البصري ، والبعض يحدث تأثيرات كهربائية، وسنرى عند ما نصل الى بحث مسألة اللون وجه الفائدة من ألا تسمى أمواج الأثير ضوءا .

نحن على اقتناع بأن أمواج الأثير ممكن عكسها وامتصاصها وانكسارها واستقطابها ولكن كيف تحدث هذه الأمور ؟ إن البراهين التجريبية لا تبدى لنا أسباب ظواهرها المختلفة .

تتجه أفكارنا بطبيعة الحال الى الكهارب التي لنا بها هي والأثير في بعض الأمور الأساسية علم يذكر . ظاهر أنه يقع على تلك الشحن الدقيقة من الكهرباء السالبة حمل ثقيل جدا . فقد رأينا أنها هي المادة التي تتكوّن منها الذرات، وأن التيارات الكهربائية والتفريجات الكهربائية ليست إلا تلك الكهارب الدقيقة في حالة حركة . ورأينا أيضا كيف أن حركات هذه الكهارب تحدث مجالات مغناطيسية وأمواجا كهربائية وحرارة إشعاعية ، وضوءا منظورا ، وكل صنف من الموج الأثيرى .

عند ما تترجح الكهارب الى الامام والوراء فى دائرة سلكية كهربائية تبعث أمواجا طويلة جدا فى الأثير المحيط . وعند ما تكون عندنا كهارب تترجح الى الأمام والوراء فى سلك نقول إن عندنا تيارا متبادلا من الكهرباء فى السلك . وانما نطلق عليه هذا التعت لنفرق بينه وبين التيار المباشر أى المستمر . فى هذه الحالة لا تكون الكهارب مترجحة الى الأمام والوراء بل متحركة باطراد مستقيم فى اتجاه واحد محدود ، وقد صورناها كأنما هى تسلم على استقامة الخط من ذرة الى ذرة . أما اذا كان هناك تيار متبادل فى سلك فانا نتصور حركة أمامية ورائية سريعة للكهارب ، ونقول إذ ذاك إننا بعثنا "اهتزازات كهربائية" فى السلك ، وأسرع معدل وجد للاهتزاز الكهربائى نتج بواسطة ملفات التأثير ، وقد حسب فعرف أنه يقرب من سبعين ألف مليون اهتزاز فى الثانية . وهذا فيما يبدو معدل عظيم جدا ، ومع ذلك فهو دون الربعمائة بليون اهتزاز فى الثانية التى يحتاج الأمر اليها لانتاج الضوء المنظور . والكهارب التى تحدث أمواج الأثير التى تؤثر فى بصرنا غير مترجحة الى الأمام والوراء ، بل هى دائرة حول ذرات المادة . وتلك الكهارب المنتجة للأمواج الأثيرية المعروفة بالضوء الأحمر تدور حول ذراتها الخاصة بها أربعمائة بليون دورة فى الثانية .

واذ أصبحنا عالمين بفكرة الكهارب المثيرة للأثير المتدخل والتى تعطينا بذلك حلقة اتصال معلومة بين الأثير والمادة ، فانه يلذ الانسان أن يرى كيف أن هذه الأمواج الأثيرية تؤثر فى المادة . مما لا مشاحة فيه أنه عند ما تقع موجة أثيرية على المادة فانما الذى يتأثر بها هو الكهارب التى فى المادة . هذه الكهارب الدقيقة ساعدتنا على الخروج من صعوبة عظيمة . فاننا قبل أن أصبحنا

نعلم بوجودها لم نكن نستطيع أن نفهم كيف تتأثر المادة بأموال الأثير الساقطة عليها . أما وقد استكشفنا هذه الكهارب الدقيقة فقد وضع لنا كل شيء لأن الموجة الكهراطيسية تؤثر بكل تأكيد في هذه الشحنات الصغيرة ، أى الذرات الكهربائية .

الكهارب في الشمس المتأججة دائرة حول طيس ^(١) من ذرات المادة على درجات مختلفة جدا من السرعة . وسنرى فيما بعد السبب في أن الكهارب تدور حول بعض أنواع من الذرات أسرع مما تدور حول غيرها . تلك الكهارب التي في الشمس البعيدة محدثة صنوفا مختلفة جدا من الأطوال الموجية في الأثير .

فلنفكر أولا في تلك الأموال الطويلة التي نسميها الحرارة الاشعاعية . عند ما تقع هذه الأموال على قطعة من المادة على هذا الكوكب تثير الكهارب الموجودة في باطن المادة . فلنفرض أن المادة كانت قطعة من الفلز . فالكهارب التي في الفلز هي بالفعل في حالة حركة قبل سقوط الأموال الأثيرية عليها ، ولكنها حركة غير ذات انتظام ؛ بعض الكهارب مستمر في حركة تنقله من ذرة الى ذرة . فهي في هذه الحالة أشبه بجماعة من أطفال صغار جدا يخوضون خلال مرقص رباعي ^(٢) فالكهرب يلف حول ذرة ويصطدم بذرة أخرى بغاة ويلف حولها ، ويستمر هكذا تأتها هائما بين الذرات . لا تكون حركته منتظمة دورية ، بل مجرد احتياج واضطراب . ولكن ورود طوائف من الأموال الأثيرية يحدث اضطرابا معيناً ، ويمكننا أن نصور تلك الأموال الأثيرية

(١) الطيس العدد الكثير ودفاق التراب والبحر وكثرة كل شيء من الرمل

والماء ونحوهما وهو تعريب كلمة (Multitude)

(٢) نوع من اللعب تكون فيه أربعة أزواج يلعب كل زوج منها الى الداخل من أربع جهات .

الطويلة منفقة على عجل جميع طاقتها في معارضة حركات الكهارب الهائلة والقائما هنا وهناك من ذرة الى ذرة . في هذا الاضطراب السام تندفع الذرات والجزيئات الى حالة اهتزاز أكبر ، ونقول عندئذ إن قطعة الفلز قد أصبحت محما ونرى الحرارة الاشعاعية الواردة من الشمس بعد انتقالها ملايين من الأميال في بحر الأثير متتولة الى حرارة جزيئية فوق هذا الكوكب .

فما بال تلك الأمواج الأثرية التي نسميها : الضوء المنظور ؟ الشمس تحدث هذه أيضا وعند ما تصل الى هذا الكوكب تستقبلها المواد المختلفة بطرق مختلفة . في كل حالة تعترض حركات الكهارب الموجودة في باطن المادة حركات الأمواج الواردة ، تميل الكهارب دائما الى التحرك في الاتجاه المضاد لدفع الموجة . ولا داعي لبحث السبب في هذا الاعتراض ولكن اذا أراد أحد القراء أن يتقصى الموضوع فله أن يرجع الى صفحة ٩٦ حيث رأينا كيف أن الكهارب المترجمة الى الأمام والوراء في أحد الأسلاك تؤثر في كهارب سلك بعيد . يجب علينا ونحن نصور حالة مقاومة عامة من جانب جميع الكهارب للأمواج الأثرية المغيرة أن نلاحظ بصفة خاصة أن فريق المعارضين العاملين الحقيقيين هو تلك الكهارب القادرة على الاهتزاز بنفس سرعة الأمواج الواردة . وسنرى السبب في هذا من الباب الآتي . ولكن الذي نريد أن نلاحظه في الوقت الحاضر هو أن هذه الكهارب تنجح في وقف الأمواج الواردة . ولكن ما ذا يحدث للكهارب ؟ النتيجة تتوقف على كون الكهارب يستطيع أن يحتفظ بمركزه أولا يستطيع . فان كان اتصاله بالذرة اتصالا رخوا فلا بد أن ينطرد منها ويلقى من ذرة الى ذرة حتى تتلف موجة الطاقة بانقلابها الى حرارة . اذا

حدث هذا نقول إن الضوء قد امتصته المادة التي وقع هو عليها وتسمى المادة سوداء .

في باب سبق رأينا قدرة أمواج الأثير على اخراج الكهارب من ذراتها ، رأينا أنه عند ما سقطت الأشعة فوق البنفسجية على لوحة رقيقة من الخارصين المصقول الذي أعطى له مزيد من الكهارب أى أنه شحن شحننا سالبا، أخرجت بعض الكهارب من الخارصين وانطلقت في الهواء .

لنعد الى حالة الضوء العادى الساقط على مادة فيها الكهارب قادرة على وقف الأمواج الأثيرية .

عرفنا النتيجة حين تكون الكهارب سهلة الانحراج . فنفرض أن الكهارب مجذوبة جذبا متينا بذراتها . في هذه الحالة تكون الكهارب قادرة على الاحتفاظ بمراكزها، غير أنها تدفع الى اهتزاز منتظم السرعة مئيل بالضبط باهتزاز الموجة الواردة ولكنه مضاد لها ، وبعبارة أخرى تكون الكهارب على مسافة نصف طول موجة وراء الأمواج المغيرة . ولكن لا حاجة بنا الى طول التفصيل . يكفيننا أن نلاحظ أنه عند ما تبقى الكهارب متصلة بذراتها فانها تدور حولها بنفس سرعة الموجة الواردة التي تنجح الكهارب في صدها . على أن الكهارب في عملها هذا تبعث أمواجا أثيرية على حسابها الخاص . وتكون هذه الأمواج الأثيرية الجديدة بالضرورة ذات طول موجى مثل طول الموجة الواردة . فنقول لذلك إن مثل هذه المواد تعكس أى ترد الضوء، وعند ما ترد أمواجا من جميع الأطوال الموجية من الأحمر الى البنفسجى ، نقول إن هذه المواد بيضاء .

نرى مما تقدم أن معنى الانعكاس مختلف تمام الاختلاف عما قد عرفنا منه فيما مضى . فقد اعتدنا أن تخيل الضوء منعكسا عن السطح كما تنعكس كرة من الصمغ المرن عن جدار معترض . أما اليوم فنحن نتصور أن الموجة الواردة موقوفة وحادثه بدلها طائفة جديدة من الأمواج الأثيرية بواسطة الكهارب التي تتجح في وقف الأمواج الواردة . وأن اللحظة التي تقف فيها الأمواج الضاربة هي اللحظة التي تقف فيها الكهارب عن الدوران بالسرعة اللازمة لانتاج تلك الاهتزازات المنتظمة التي تحدث الضوء المنظور . على أن هناك استثناءات لهذه القاعدة ، ففي بعض الأحوال تستمر الكهارب في الدوران لمدة أطول ، ولذلك تعطى ضوءا بعدا نسحاب الأمواج الضاربة . في مثل هذه الأحوال نقول إن المادة ذات تألق فوسفوري . والدهان الزيتي (البوية) المنير إذا تعرض لضوء النهار يستمر في عكس هذا الضوء مدة تذكر بعد أن يوضع في غرفة تامة الإظلام .

يخيل إلى أن في القراء من يرى فكرة الانعكاس الجديدة غير ضرورية وأنه لا يضيره أن يستمر ، على أن انعكاس الضوء يحدث بمجرد الارتداد عن سطح . ولكنه لا يستطيع أن يفسر التألق الفوسفوري على هذه القاعدة . بل أهم من ذلك أنه لا يستطيع أن يفسر ظواهر اللون تفسيراً معقولاً كما سنرى عند ما نتناول هذا الموضوع الشائق .

ليس في الوجود مادة قادرة على امتصاص كل أمواج الضوء التي تقع عليها ، اذ تبقى دائماً بعض كهارب تكون على الأقل قادرة على الاحتفاظ بمراكزها ضد الأمواج الواردة ، وفي عملها هذا ترد أو تعكس بعض الضوء ، وعليه فلا توجد مادة — مهما صبغناها بالسواد — تستعصى على الرؤية اذا سقط عليها الضوء .

وأتذكر أنى قرأت قصة سخيفة مسلية تتضمن أن أحد العالمين اخترع صبغا يمتص كل موجة ضوئية تقع عليه ، وأنه أراد أن يمزج مع أحد اخوانه العالمين فصبغ كلب صاحبه بذلك الصبغ حتى أصبح الكلب لا يرى منه الا طوق رقبتة النحاسى الأصفر متنفلا به هنا وهناك . فلما عرف صاحبه سر الأمر صبغ هو أيضا بيت المخترع جميعه بالصبغة نفسها حينما كان صاحبه غائبا عنه ، فلما عاد أذعره أن بيته قد اختفى فى غيابه . لا مشاحة فى أن الحكاية إفك مضحك . فانه اذا كانت تلك الصبغة الموهومة قادرة فعلا على امتصاص جميع أمواج الأثير فان الحيز الذى يشغله المرئى لا بد أن يرى كرقعة من الظلام .

على أن بحث الحكاية السابقة قد يساعدنا على ايضاح بعض نقط أخرى . لنفرض أن واضع الحكاية كان على جانب من الدراية بالعلوم أكثر مما تدل عليه حكايته . انه لو كان كذلك لتناول الطرف الآخر من الموضوع فذكر أن المازح قد استطاع أن يجعل جسم الكلب بحيث لا يعترض أمواج الأثير فينفذ الضوء حرا خلال جسم الكلب ، وبسبب ذلك ، وبعبارة أخرى كان يستطيع أن يجعل الكلب شفافا جدا فتعذر رؤيته تبعا لذلك . ولكن كانت الصعوبة التى يلاقها المؤلف تنحصر فى بيان الكيفية التى يدبر بها المازح هذا الأمر . فانه من الظاهر أنه ما كان يستطيع أن يستعمل صبغة لهذا الغرض . ولذلك كانت الفكرة التى ارادها بسيطة ، لأن الصبغة السوداء تستطيع أن تمتص ، أى تقف أمواج الأثير عند سطح الجسم ، واستعمال صبغة تامة الشفوف لا يجدى شيئا لأن الضوء كان يمر حرا خلالها ثم ينعكس عن جسم الكلب كالسابق . فلا بد له والحالة هذه من تصور علاج آخر يؤثر فى جميع مادة جسم الكلب .

في غالب المواد لا تخترق أمواج الضوء الا طبقة رقيقة جدا من السطح ، وهناك تمتص أو تنعكس فأما اذا لم يحدث هذا ولا ذلك فان أمواج الأثير تمر حرة خلالها ونقول انها شفافة للضوء . وليس في المواد ما هو تام الشفوف ، اذ لا بد أن يبقى من الكهارب عدد وإن قل قادر على المحافظة على الحركة الدائرة اللازمة لرد بعض الأمواج الأثيرية . نحن نعلم أن في المواد ما يشف شفوا رائعا . في أوائل العهد بالواح الزجاج بنى جدى لنفسه منزلا على مسافة من بلده وكان هذا أول منزل في الناحية وضعت به ألواح زجاج . وحينما تم المنزل جاء زائر عجوز فأدخل احدى غرف الجلوس . ولما دخل عليه جدى وجده قد رفع قبة ردهائه الى أعلى واتشح بشال كبير ، ذلك لأنه ما كان يعتقد أن في النوافذ زجاجا ، واذ كان الوقت شتاء فقد أشفق أن يصيبه البرد ففعل ما فعل . ولقد صعب على غير مرة أن أحكم : هل بينى وبين مرئى لوح من الزجاج أم لا ، لشفوفه اذ أن الضوء كان في مثل هذه الأحوال منخفضا ، والا لما استعصى على ذلك ، اذ الهواء نفسه غير شفاف تماما .

يحسن بنا في ختام هذا الباب أن نجمع الآراء الخاصة بمسلك أمواج الأثير عند ما تقع على قطعة من المادة . فاذا كنا قد تناولنا على الأخص تلك الأمواج الأثيرية التي تؤثر في بصرنا فان هذا القول يسرى أيضا على أمواج الحرارة الاشعاعية والأمواج الكهربية .

في أغلب المواد أمواج الأثير تقفها الكهارب الموجودة على سطحها . فاذا انطردت الكهارب من ذراتها أثناء وقفها الأمواج فان الأمواج تمتص . واذا بقيت الكهارب متصلة بذراتها

فان الأمواج تنعكس . وفي كائنا الحالتين تكون الكهارب العاملة هي التي تستطيع أن تهتز بنفس سرعة الأمواج الأثيرية الواردة . وإذا لم تكن في المادة كهارب قادرة على مقاومة الأمواج الواردة تماما فان الأمواج لا تقف بل تنفذ خلال المادة . على أنه يحدث للأمواج شيء من الاعتراض ، ولذلك نجد أنها تعطل فتفقد نحو ثلث سرعتها الأصلية في وسط مثل الزجاج .

وفضلا عن الفرق الثلاث المميزة السالفة توجد بطبيعة الحال مواد عديدة تسلك في بعض أمرها مسلك إحدى الفرق المذكورة . وفي البعض الآخر مثل فريق ثان . بعض المواد شبه شفافة أو قد نقول شبه معتمة . ونستعمل كلمة معتم نعتا لكل المواد التي لا تسمح للأمواج أن تمر خلالها ، سواء امتصت الأمواج أو ردتها . والمعروف أن في المواد ما يمتص جزءا من أمواج الأثير الساقطة عليه ويعكس الباقي وهكذا .

أما سبب الاستقطاب فجلى . أمثال التورمالين من المواد مشتمل على كهارب قادرة على الاهتزاز في اتجاه واحد محدود . وعليه فان الأمواج التي تمر خلال مثل هذه المادة تكون كلها مهتزة في اتجاه واحد خاص كما هو حال الأمواج العلوية السفلية على سطح البحر .

وأروع من كل هذه الظواهر كون بعض المواد قادرة على عكس بعض أطوال موجية محدودة فتحدث ظاهرة اللون . على أن هذا الموضوع من ذيوع الأهمية بحيث يتطلب بابا كاملا .

الباب الثالث عشر

تعليل اللون

لماذا كان موضوع اللون مربكا — احساس الألوان — الآراء التي سبقت
استكشاف نيوتن — آراء نيوتن — كيف تمتص المواد أطوالا موجية معينة وتعكس
ما سواها — الكهرباء الدائر — مثل قياسى فلكنى — كيف يبعث كهربي ما
أمواج أطول مما يبعث غيره — مثل قياسى بالشوكة الرنانة — الأمواج التي
تكون الطيف المنظور — قد تبدو الأشياء الحمراء سوداء في بعض الأضواء — مضاهاة
لونية كاملة ومع ذلك تكون مضاهاة رديئة جدا . بعض ملاحظات على الأبصار
اللونى — فكرة خاطئة عن المعنى اللونى — الأصباغ الدالة على الحرارة .

يدهشنا عجز كثير من الناس عن إدراك حقيقة معنى اللون .
نعم لم يكن لدى الناس حتى وقت قريب من بيان علته الاشياء
يسير ، اذ عرف أن بعض المواد تمتص بعض الأمواج الأثيرية
ويعكس بعضها فتلوح المرئيات بسبب ذلك ملونة ، ولكن ظل
سر هذه الخاصة الانتخابية للواد غامضا على حاله . اذ لماذا
تمتص المادة المعينة نوعا معلوما من الأطوال الموجية ولا تمتص
غيرها ؟ هذا ما لم يكن معروف العلة حتى استكشفت نظرية
الكهارب .

يلوح موضوع اللون في نظر الانسان العادى متعبا ، ولا عجب أن
يكون كذلك ما دام الذين يفهمون الموضوع حتى الذين يحسنونه
مطمئنين الى الكلام عنه بصيغة مضطربة مهوشة . يعجزنا أن نفرق
تفريقا صحيحا بين اللون والضوء . نقول إن نيوتن في غنم القرن
السابع عشر قد استكشف أن الضوء الأبيض العادى خليط من جميع

ألوان قوس قزح ، ونقول إن الضوء الأبيض حزمة من الأشعة الملونة ونفكر في إحدى المواد فنقول إنها تمتص بعض أشعة لونية وتعكس البعض الآخر .

أسلوب هذا الكلام يعتبر متمشياً تمام التمشي مع السنة المعروفة ، وأرى أنه يعلل كثيراً من المشا كل الخاصة بموضوع الضوء ، ولكن الواقع أنه لاحق لنا في أن نسمى اللون الأبيض حزمة أو خليطاً من أشعة لونية لأنه مجرى من الأمواج الأثيرية مختلفة الأطوال لا أكثر . ولعل في التشبيه القياسى الآتى معواناً على الإيضاح .

نفرض أن جندياً في ميدان القتال قد أصابته رصاصة ، اركة وأحدث عنده احساساً مؤلماً . لا شك أن الرصاصة الماركة شيء واحساس الألم شيء آخر . اذ لا يمكن أن يسمى أحد الرصاصات نفسها ألماً ، ومع ذلك فتحن نجري على هذا فيما يختص بالضوء .

ليس عندنا في ضوء الشمس العادى شيء الا أمواج أثيرية من أطوال مختلفة . وعندما تقع هذه على أبصارنا تحدث بعض احساسات لونية . فاذا دخلت كلها العين فانها تحدث احساساً خاصاً نسميه «أبيض» واذا هجزنا بعض الأمواج وسمحنا لموجات ذات أطوال محدودة بدخول العين فاننا نستشعر احساساً خاصاً محدوداً تبعاً لأطوال الأمواج الداخلة . فليس لنا حق والحالة هذه في أن نسمى هذه الأمواج الأثيرية ألواناً أو أشعة لونية ، اذ أن هذه الأمواج كالرصاصات الماركة تضرب شيئاً وتحدث احساساً . يجب علينا أن نفرق جلياً بين الاحساس وبين ما يسببه . انما نستطيع أن نقول عن جسم مضىء إنه يرسل أشعة لونية كما يقول الشاعر عن مدافع العدو انها تصب الماء وموتا . إننا نفى بموضوع اللون عندما نكون بصدد درس الحواس ، أما أمواج الأثير وحدها فقمنا حين نبحث فيما يحدث خارج نفوسنا .

كان الناس يعتقدون قبل عهد نيوتن أن الضوء جميعه أبيض بفطرته . وحين كان يمر في زجاجة حمراء كانوا يظنون أنه يصطبغ بجمرتها . وإذا سقط الضوء على جسم أخضر تصوروا أنه انما أصبح كذلك بفعل الجسم فيه وهكذا . كما أنهم كانوا يعتقدون — ونيوتن معهم — أن الضوء شيء مادى متألف من جسيمات صغيرة جدا أى كريات . وقد طال التشاحن بحدود نظرية كريات نيوتن والقول بأن الضوء لم يكن الا حركة موجية فى الأثير .

على أن نيوتن قد نقض العقيدة السائدة يومئذ القائلة بأن الضوء الأبيض شيء بسيط فرد . فقد أمكنه باصرار حزمة من ضوء الشمس العادى فى منشور زجاجى ، أن ينتج كل ألوان قوس قزح اذ خرجت من الجانب الآخر للمنشور ألوان متميز بعضها عن بعض وانتشر كل منها على صورة شريط بدلا من تلك الحزمة البيضاء من الضوء العادى . لم يستطع أحد أن يزعم يومئذ أن الضوء الأبيض قد لونه منشور الزجاج لأن الزجاج عديم اللون . ولم يكن هناك شك فى أن المنشور انما فرق أى فرز مختلف مكونات ضوء الشمس . ولقد كان هذا استكشافا عظيما حقا ، قد تفوتنا خطورته . بيد أنا سنرى عظيم ما اكتسبناه من المعرفة بفضل تحليل الضوء بهذه الطريقة عند ما نصل الى الكلام على آلة التحليل الطيفى المعروفة بالمرقب الطيفى (Spectroscope) ومقدار ما رقت به من آرائنا العلمية .

وسيتضح أن هناك شيئين مفترقين يجب علينا تناولهما عند ما نتلمس تعليلا للون : يقتضى الأمر أن نبحث فى الأمواج الأثيرية نفسها ثم فى الاحساسات الناتجة من اصطدام هذه الأمواج بشبكة العين .

أولا - نريد أن نعرف كيف أن المواد تحوز تلك الخاصة الانتخابية ، خاصة امتصاص بعض أطوال موجية . لقد رأينا من الباب السابق بصفة عامة كيف تسلك الكهارب بتأثير اصطدام الأمواج الأثيرية بها . يحدث هناك تفاعل عام . تقاوم جميع الكهارب التابعة الدائرة في باطن المادة ، الأمواج الواردة . ولكن لماذا يكون كهرب أقدر من غيره على الاهتزاز أى الدوران بسرعة خاصة معينة ؟ بما أن الكهارب كلها متطابقة ، مهما اختلف مصدرها ، فظاهر أن العامل المميز ليس فى الكهرب ذاته . على أن ذرات العناصر المختلفة مختلفة جدا بعضها عن بعض . نعلم مثلا أن ذرة الأورانيوم أثقل من ذرة الايدروجين مائتى مرة وأربعين ويمكننا أن نتصور مما رأيناه فى الأبواب السابقة أن هيئات الانتظام المختلفة فى الذرات هى احدى العوامل المعينة فى المسافة الحادثة بين الذرة وتابعها من الكهارب بالرغم من أن الجاذبية لا دخل لها فى الجذب الحاصل بين الذرة والكهرب . هناك قوى أخرى مؤثرة فى الكهرب فضلا عن القوى الجاذبية والطاردة فى باطن الذرة ؛ فهناك سلطة الذرات المحيطة ، اذ الحقيقة أن القوى التى تعين موقع المدار الطبيعى أى الدورى للكهرب الدائر معقدة تعقيدا مفرطا . فيكفيها للغرض الذى نحن بصدد أن نعرف أن كل نوع من الذرات ، وبعبارة أخرى كل ذرة عنصرية ذات مدار محدود . يجرى عليه كهربها اذا كان حرا فى أن يصنع كذلك حينما يبعث على الحركة .

لنفرض أن بعض الكهارب دائرة فى قرب شديد من ذراتها ، وغيرها دائرة حول ذراتها بمسافة كبيرة نسبيا . فى جميع الأحوال لا يمكن قياس المسافة الحقيقية الا بأجزاء من مليون من البوصة ، ولكننا نتصور أن هذه الكهارب التابعة دائرة حول ذراتها على مسافات

مختلفة كما نرى الكواكب صانعة على نطاق كبير في السموات ، فالمشتري يدور حول الشمس على مسافة ستة وثلاثين مليوناً من الأميال تقريباً في حين أن "نبتون" يدور دورة كبيرة جداً لا تقل كثيراً عن ثلاثة آلاف مليون ميل من الشمس . أما مدارات الكواكب الأخرى المعروفة فهي بين هذين الحدين .

ولكن هل يهم رسم الكهرب مداراً كبيراً أو صغيراً حول الذرة ؟ والجواب على ذلك أنه يحدث اختلافاً جوهرياً جداً . لأن سعة المدار أو بعبارة أخرى المسافة التي يبعد بها الكهرب عن ذرته ، تعين السرعة التي يسير عليها . وقد نفهم هذا على وجه أحسن إذا نظرنا مرة أخرى إلى حركات الكواكب حول الشمس . هانك حقيقة خاصة بحركات السيارات ، أجد أن القارئ العادي يهملها عادة وهي أنه كلما كان الكوكب السيارة أبعد عن الشمس كان تحركه أبطأ . بدیهی أنه كلما كان الكوكب السيارة أبعد عن الشمس كانت الدائرة التي يرسمها حولها أكبر . فنبتون مثلاً يستغرق مائة وأربعاً وستين سنة ليدور دورة واحدة حول الشمس ، في حين أن كوكبنا يستغرق سنة واحدة ، ولكن ليس هذا ما نحن بصدده . أرضنا تسير في الفضاء بسرعة تزيد قليلاً عن ثمانية عشر ميلاً في الثانية في حين أن نبتون يسير بسرعة ثلاثة أميال فقط في الثانية ، وبعبارة أخرى إن أرضنا تجزى بسرعة تعادل ستة أمثال سرعة نبتون الذي هو أقصى سيارات الشمس ، في حين أن عطارد وهو أقرب سيارات الشمس يحرق بسرعة تسعة وعشرين ميلاً في الثانية تقابله الثمانية عشر ميلاً التي تجرئها أرضنا . لاخفاء في أني انما أشير إلى هذه الحركات الكوكبية على سبيل التمثيل ، أما القوى التي تسيطر على أنواع سرعة الكواكب فهي مختلفة تمام الاختلاف عن تلك التي تسيطر على أنواع سرعة الكهارب .

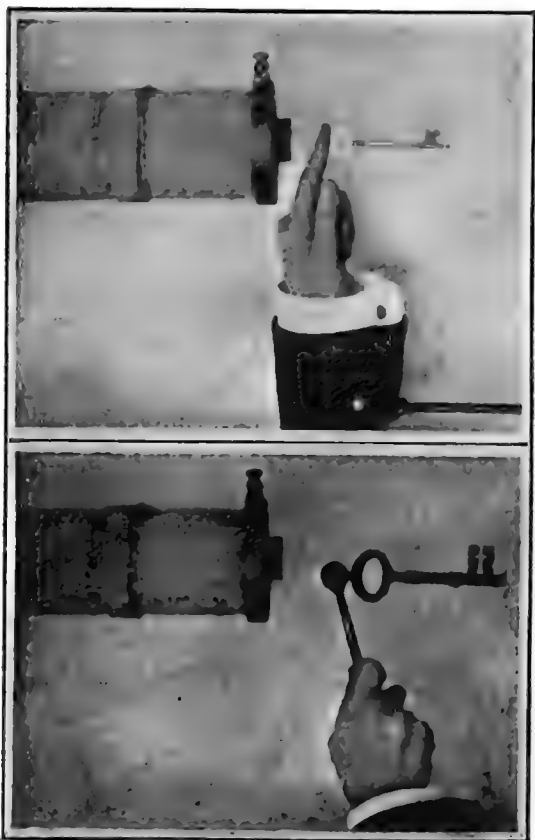
مما تقدم يتضح أن الكهارب التي تسرع في سيرها حول مدار صغير تبعث أمواجا صغيرة شديدة التردد في الأثير مثل الأمواج التي نسميها الضوء فوق البنفسجي . أما الكهارب التي تدور أبطأ مما سبق حول مداراتها الكبيرة فانها تحدث أمواجا طويلة ذات تردد أضعف مثل الأمواج التي نسميها الحرارة الاشعاعية . أما في المدارات التي بين هذا وذاك فان الكهارب تدور بمعدلات من السرعة تنتج جميع صنوف الأمواج التي تحدث الضوء المنظور من الأمواج الطويلة التي تحدث احساس اللون الأحمر الى الأمواج القصيرة التي تحدث احساس اللون البنفسجي .

نحن الآن بحيث نفهم كيف أن بعض المواد تمتص أطوالا موجية معينة . نرى أن الكهارب حركات دورية طبيعية تبعا لنوع الذرة التي هي لها بمثابة أقمار، ولنا أن نسلم بأن الكهروب لا يهتم للموجة الأثيرية الواردة ما لم يحدث أن تكون الموجة مترجمة الى الأمام والى الوراء بنفس السرعة الخاصة التي يتحرك بها هذا الكهروب بفطرته . وأرى أنه يحسن بنا أن نتناول إحدى التجارب للمدرسة المعروفة على سبيل التمثيل : اذا كانت لدينا طائفتان من الشوك الزنانة (Tuning Forks) من درجات (Pitches) مختلفة، وكانت مثبتة على لوحات صوتية (Tuning Boards) ووضعنا الطائفتين بعيدتين إحداهما عن الأخرى مسافة صغيرة ، نحصل على النتائج الآتية :

عند مانح أحدى شوك الطائفة الأولى على الاهتزاز ، وذلك بجز قوس الكمان عليها ، نجد أنه اذا كانت في الطائفة الأخرى شوكة مثيلة لها تماما نأخذ هذه الشوكة الثانية في الاهتزاز أيضا . أما الشوك الأخرى التي لا تستطيع أن تهتز موافقة لموجات الهواء

الواردة فتبقى صامته تقريبا . ومما يسترعى الانسان أنه اذا وقف اهتزاز الشوكة الأولى اثناء هذه التجربة يجد أن الشوكة البعيدة مستمرة على اخراج النغم بعينه من تلقاء نفسها . الشوكة المهتزة بمعدل عدد معلوم من الاهتزازات في الثانية تبعث أمواجا هوائية من نفس عدد هذه الاهتزازات ، ولكن هذه الأمواج لا تقدر على التأثير إلا في شوكة أخرى قادرة على الاهتزاز بنفس هذه السرعة . وكذلك الأمر في الكهارب ، فانا نجد أن الكهرب الدائر في الجسم المضى يبعث أمواجا أثيرية معينة ، وهذه دون سواها تؤثر في الكهارب البعيدة القادرة على الدوران بنفس السرعة . ففي حالة الكهارب رأينا أن الحركات يعارض بعضها بعضا وتنفذ طاقة الموجة الواردة ، ولكن اذا كان الكهرب المعارض يستطيع أن يبقى متصلا بذرته فان الكهرب يسلك مسلك الشوكة الرنانة في المثل الذي ضربناه وبعث أمواجا أثيرية من تلقاء نفسه ، وعلى ذلك يشع ضوءا . هذا هو الرأي الحاضر عن انعكاس الضوء .

ليس هناك في الواقع شيء مبهم في الرأي السابق الخاص بأن الكهرب يوقف موجة أثيرية وبعث موجة أثيرية تشابهها . الشوكة الرنانة تسلك هذا المسلك حيال أمواج الهواء . فانه عند ما تضرب موجة هوائية جسم الشوكة الساكنة تنفذ طاقة الموجة في عملية بعث الشوكة على الحركة . تقف الموجة الهوائية الواردة ، ولكن لما كانت الشوكة قد بعثت على الحركة فانها تستمر على بعث أمواج هوائية أخرى مثيلة بتلك من تلقاء نفسها . على أنه لا يصح لنا بطبيعة الحال أن نمنع في التمثيل بعيدا لأننا في حالة الشوك انما نتناول الأمواج وهي في وسط (الهواء) تختلف خواصه اختلافا شديدا عن خواص الأثير .



مجال مغناطيسى قوى

من المثل: أن هناك اضطراب شطا في الأنتم المحيط فخط الكهرطيس الكبير المبع في الصور المدرجة . في الصورة اليسرى ترى (محرك شكور) مطيح عادى وقد تأثر بهذا الاضطراب الأنيبى وأصبح ممطسا ما دام في مجال الاضطراب . أما في الصورة الثانية أى اليمنى فالأصبع موحود هناك بين المغناطيس والإبرة بطير إلى المغناطيس اذ ارفع الأصبع .

وفى تناولنا موضوع اللون ليس لنا الا أن نتناول المدى الصغير
لأمواج الاثير التي تحدث الطيف المنظور . ولكى نستعين على
ادراك مقدار شدة صفر هذا المدى بالنسبة الى جميع مدى الأمواج
الاثيرية يحسن بنا أن نتصور لوحة مفاتيح البيانو وقد أطيلت
أكثر من أربعة أمثال طولها العادى . ان لوحة مفاتيح البيانو
العادى تشتمل على نحو سبعة سلام موسيقية ولكن لوحة المفاتيح
التي نوردتها تخيلا تشتمل على سبعة وعشرين سلما تمثل جميع طيف
الأمواج الاثيرية المعروفة . الجزء المنظور من الطيف محتوى جميعه
فى سلم واحدة ، والسلام الستة والعشرون الباقية لا تؤثر فى جوارح
بصرنا . هذه السلم التي تمثل الطيف المنظور موجودة على بعد
وعلو فى الجزء الثالث من اللوحة ، بحيث لا يكون أعلا منها إلا
سلما فقط . نسميها الأشعة فوق البنفسجية . ثم بعد
للطيف المنظور نازلا على امتداد الدرجات نجد ما لا يقل عن سبعة
سلام تمثل أمواج الحرارة المظلمة ، ثم تأتى بعدها خمس سلام من
الأمواج الاثيرية التي لم نستطع كشفها . وبعبارة أخرى ان هذه
السلام الخمس من الأطوال الموجية غير المعروفة لنا ، ثم تتلوها
اثنتا عشرة سلما من الأمواج الكهر بائية ، أى التشععات الكهر بائية .
واذا نظرنا الى لوحة مفاتيحنا نظرة عامة رأينا أن المقامات السفلى
كلها تمثل أمواجا كهر بائية فى الاثير ، وتكاد تكون نصف مدى
اللوحة . وعندنا فى الوسط بضعة سلام غير معروفة ، أما باقى لوحة
المفاتيح فتشغله أمواج الحرارة المظلمة وتنتهى بسلم واحدة لأمواج
تحدث الابصار و سلما للضوء فوق البنفسجى الحائز لخواص
كيمياوية فعالة .

وإذا عدنا الى موضوع اللون كان علينا أن نتناول السلم الوحيدة التي تمثل الطيف المنظور دون سواها . المقامات السبعة التي يتألف منها هذا السلم تمثل الأطوال الموجية المختلفة التي تحدث ألوان الطيف الشمسي، وهي الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي والبنفسجي وقد تسمى هذه الأمواج ^(١) بأخص حروف الألوان التي تحدثها ، فنقول ح وب وص و ون وف ^(٢) لتسهيل الاحالة . تصور جسما مضيئا كالشمس مثلا ، متكونا من طيس أى ملايين الملايين من ذرات مختلف العناصر ، والكهارب دائرة حول كل ذرة . بين هذه الكهارب الدائرة مايبعث الأطوال الموجية السبعة التي سنتكلم عنها . هذه الأمواج تسقط على قطعة من المادة في أرضنا ، فاذا صادف أن كانت قطعة المادة المذكورة مشتملة على طوائف من الكهارب مثيلة بتلك ، فهي في هذه الحالة ترسل في دورها أمواجا أثيرية مثيلة بأمواج تلك ، ونقول إن المادة تعكس ضوءا أبيض . واذا كانت المادة لا تشتمل إلا على كهارب قادرة على الرد على أمواج اللون الأحمر فانها لن ترسل الا أمواجا حمراء . والذي أريده بقولي "الرد" في سياق القول هنا الكهارب التي تستطيع أن تدور بنفس السرعة التي تدور بها الموجة الواردة وتبقى متصلة بذراتها . فاذا كانت مادة ما غير قادرة إلا على بعث أمواج حمراء عند ما تقع عليها جميع سلسلة الأمواج من "ح" الى "ف" فانه لا يتأثر من جهازنا البصري إلا ذلك الجزء الذي يستشعر الأمواج "ح" فنحس اللون الأحمر . ولتسهيل

(١) اعتدنا أن نتصور حدوث سبعة ألوان ، ولكن لا يفرب عن البال أن هذا العدد اختياري . فان الكتب الحديثة تهمل النيلي منها — انظر هامش ص ٢٠١

(٢) سمى المؤلف مختلف الأسماء بأوائل حروفها واذ كان هذا لا يتفق مع العربية فقد اخترت لها أخص ما بدا لي من حروف كل منها . (المترجم)

التعبير نقول إن المرئي أحمر ، وإن كنا نعلم تمام العلم أن هذا اللون لا يسكن في المرئي . وبالطريقة عينها تنعكس جميع الأطوال الموجية أو تمتص .

انه لا ينتظر من المادة أن تعكس طولاً موجياً لا يقع عليها . توجد في سطح غلاف هذا الكتاب ^(١) كهارب قادرة على الرد على الأمواج (ح) فإذا سقط على الغلاف ضوء أبيض انعكست عنه أمواج (ح) الى أبصارنا فنقول إن الغلاف أحمر . وإذا نظرنا الى الكتاب في ضوء مصباح بخار الزئبق ^(٢) فاننا لا نرى الغلاف أحمر اللون . وذلك لأنه لا توجد في هذا الضوء الزئبقى أمواج (ح) لاثارة تلك الكهارب ، بل ترى أن الغلاف أسود تقريباً أو أسمر قاتماً ، لأن كهارب السطح لا تستطيع أن ترد على الأمواج الساقطة عليها . هذه حالة قصوى ولكنا نرى مثل هذه الظاهرة في عاديات الأمور اليومية : تشتري سيدة في المساء شريطاً يناسب قبعها ويسرها أن تجد للون القبعة ما يضاهيه في الشريط ولكنها في الصباح تأسف لشراؤها اذ تجد أن الشريط والقبعة من درجتين في اللون مختلفتين جداً ، ذلك بأنها اشترت الشريط في ضوء صناعي . والواقع أن الخطأ نشأ من أن الضوء الصناعي لا يشمل على كل صنف الأطوال الموجية التي يحتويها ضوء النهار . في المساء اختبر الشريط والقبعة ببعض أطوال موجية فقط وكانت في كليهما كهارب تسلك مسلكاً واحداً تحت تأثير تلك الأمواج . أما في الصباح

(١) النسخة الانجليزية التي نقل عنها ذات غلاف أحمر .

(٢) مصباح بخار الزئبق عبارة عن أنبوبة فراغية بها عند كل طرف منها حمام صغير من الزئبق يغطي أطراف الأسلاك المصققة في الزجاج . ولتشغيله يمر تفرغ كهربائي من أحد الحاملين الزئبقيين الى الآخر . وفي أحداث هذا يتغير بعض الزئبق ، واذ يمر هذا التفرغ في بخار الزئبق يغطي ضوءاً قوياً عجبياً ، غير أنه يكون من لون ردىء مكروه جداً لانتهاء وجود الأشعة المحدثة للاحمرار فيه .

فقد تعرض الشريط والقبعة الى أطوال موجية أخرى . وجلت كهارب مجية في أحد الشئين ولم تجد مثاها في الشئ الآخر ولذا بدا الشئين مختلفى اللون .

وقد يساعد في هذا الصدد أن نضيف هنا بعض ملاحظات عن حاسة إبصارنا اللوني : كانت الفكرة السائدة بيننا الى عهد قريب أن في عين الانسان ثلاثة أطراف عصبية ، أحدهما يستشعر ما سميته الأمواج (ح) وعند ما يثار يحدث ذلك الاحساس الذى نسميه أحمر ؛ وأن ثانى الطرفين يستشعر الأمواج (خ) فيحدث الاحساس الأخضر ؛ أما الثالث فكان يستشعر الأمواج (ف) ويحدث احساس اللون البنفسجى . ومن العجيب أننا بالرغم من وجود سبعة أطوال موجية أى سبعة ألوان في الطيف الشمسى نجد ، بقدر ما لإحساسنا من العلاقة بهذا الصدد ، أنه يكفى أن نقول بوجود احساسات ثلاثة فردية وأن الاحساسات اللونية الأخرى ليست الا مخاليط من هذه الاحساسات الثلاثة الابتدائية مثال ذلك : الأمواج (ح) والأمواج (خ) فانها اذا اختلطت على نسب معلومة تعطى نفس الاحساس اللوني الذى تعطيه الأمواج (ص) من الطيف . وبعبارة أخرى عند ما يثار احساسا الأحمر والأخضر في وقت معا نستشعر اللون الذى نسميه الأصفر . واذا أثرتا نفس هذين الاحساسين الابتدائيين بدرجات مختلفة نستشعر اللون البرتقالى ومن جهة أخرى اذا أثير احساسا الأخضر والبنفسجى في وقت معا نستشعر اللون الأزرق . وكذلك سائر احساسات اللون فما هى الاتحادات من هذه الألوان الأساسية .

ونظرية الإبصار اللوني التى نحن بصددها قال بها الدكتور توماس يانج (لندن) والأستاذ هلمولتز (Helmholtz) (برلين) ولذلك سميت نظرية يانج هلمولتز ، بمزج الاسمين معا . وهى على

فائدتها العظيمة في تفسير الظواهر اللونية لا تقدم لنا تعليلا صحيحا عن الحقائق الفيسيولوجية المتصلة بها، فان الانسان لا يمكنه أن يصدق أن الاحساس الناشئ عن الضوء المنعكس عن مرئى أبيض ليس الا الأثير المتجمع من تلك الاحساسات المفترقة التي نعرف أنها الأحمر والأخضر والبنفسجى، وبعبارة أخرى إن الضوء الأبيض يحدث احساسا معلوما فى باطننا. ونحن وان كنا نستطيع أن نثير نفس هذا الاحساس بتأثير الأمواج الأثيرية (ح + خ + ف) مختلطة، فلا حاجة بنا الى تصديق أن الاحساس الناتج هو الأثر المتحد لهذه الاحساسات المفترقة، ولقد قدمت الاقتراح الآتى فى تعليل نظرية الاحساس اللونى فى مقالة قرأتها على الجمعية الفلسفية الملكية (فى ٥ ديسمبر سنة ١٩١٧) ونشرت فى مجلة جلامبو الطبية (المجلد التاسع والثمانون ٤ يناير سنة ١٩١٧) .

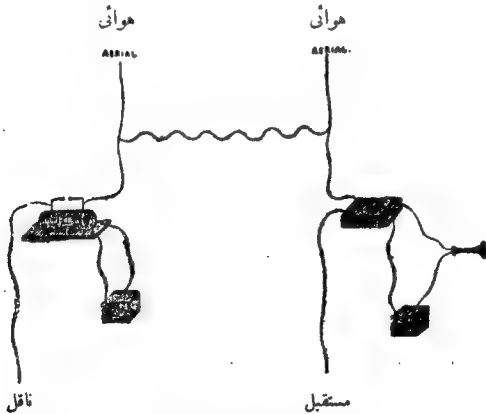
معروف لأكثر القراء أنه يوجد فى الشبكية (أى امتداد العصب للبصرى فى باطن العين) بعض زوائد عصبية تسمى بالقضبان والمخاريط (rods and cones) وان هذه تستشعر الضوء بطريقة ما وقد تقرر أن للمخاريط عملا مهما تقوم به فى إبصار اللون .

يوجد تجويف صغير بالقرب من مركز الشبكية يسمى الانخفاض المركزى (Fovea Centralis) وفى هذا الجزء توجد مخاريط عدة محتشدة معا ولا توجد قضبان . أما فى سائر أنحاء الشبكية فتوجد مخاريط وقضبان معا، ولكن القضبان ترجح على المخاريط، وفى هذه الأجزاء لا تكون المخاريط من الكبر ولا من الأهمية بمقدار مخاريط الانخفاض المركزى السالف الذكر .

واليك تجربة بسيطة تساعدك على ادراك أن مخاريط التجويف المركزى تقوم بعمل مهم فى الاحساس اللونى: ثبت عينيك بنظرة وانية، أى ثابتة الى مرئى ما واقع أمامك تماما، واجعل رقيقا لك يمسك بشئ أبيض لامع على مدى قدم تقريبا من جانب رأسك

بحيث يكون هذا الشيء داخل مجال البصر تماما حينما نكون عيناك ناظرتين الى الأمام تماما . عندئذ تجد أنك ، بدون أن تنظر الى الشيء الذى يمسك به رفيقك ، قادر على وصف شكله ولكك لا تستطيع أن تصف لونه . قد تمسك الشيء أنت بنفسك ولكن يحسن أن لا تكون على علم بلون المرئى ، ولذلك اقترحت أن يمسكه لك رفيق . أما اذا قدم الشيء الى الأمام تدريجيا حتى يصبح أقرب الى المرئى الثابت الذى كنت تنظر اليه فانك تجد أن لون المرئى الصغير غير واضح لك حتى تسقط صورته مباشرة على مخاريط التجويف المركزى .

وأرى أن فعل هذه المخاريط مماثل لفعل الكشاف الاليكترولى (Electrolytic) فى التلغرافية اللاسلكية . فهذا النوع من الكشاف يشتمل على عمود كيميائى صغير تهينته كما هو مبين فى الرسم رقم الاتى :



رسم (ج) مستقبل لاسلكى مستعمل للقياس

ترى الى اليسار مستقبلا لاسلكيا يشتمل على جهاز شرر اذا
فزع يدعو الكهارب في السلك الهوائى الرنانى الى الترحج الى الامام
والخلف ، وبعبارة أخرى الى الاهتزاز . هذه الكهارب المهتزة
تبعث أمواجا أثرية تمائل بالضبط تلك الأمواج الأثرية التى
نسُميها ضوءا ، غير أن ترددها منخفض انخفاضاً يزيد كثيرا عنه
في الأمواج التى تستطيع أن تجيب عليها أعيننا . هذه الأمواج
الأثرية تقع على سلك هوائى (رنانى) فى محطة الاستقبال وتدعو
الكهارب فى ذلك السلك الى الاهتزاز تعاطفا مع كهارب السلك
الهوائى المرسل .

والسلك (الرنانى) المستقبل (الى يمين الرسم) متصل بعمود
يشتمل على محلول مادة كيمياوية فيها الكهارب مضطربة بتأثير حركة
الكهارب فى السلك الرنانى ، وأفضل أن نسُميها اضطرابا كيمياويا
أو انفصالا بدلا من تسميتها تغيرا كيمياويا . هناك يبطل عمل
الأمواج الأثرية الواردة ، اذ تكون الطاقة قد استنفدت فى اثاره
كهارب العمود . ولكن هناك بطارية كلية ترسل تيارا كهربائيا
خلال العمود الكهربائى المحلل ، وتوجد فى هذه الدائرة الكهربائيه
مستقبلا تليفونيا . وما دام هناك تيار كهربائى مطرد جارئا يكون
هناك اضطراب فى المستقبل التليفونى اذ لا يسمع حينئذ صوت
مطلقا . ولكن لما تثار كهارب العمود بطريق الموصل الرنانى
ينقطع التيار الكهربائى المحلى وتسمع دقة فى التليفون . بهذه
الطريقة يمكن ارسال اشارات مرس .

ولنعد الى موضوع الإبصار اللوني : انى أرى أن أمواج الضوء
تفعل فى القضببان والمخاريط الموجودة فى العين بنفس الطريقة
التى تفعل بها الأمواج اللاسلكية فى الكشاف الايكرولىتى .

فالأمواج الأثيرية الضوئية الواردة تثير الكهارب الموجودة في المحلول الكيماوى المشتعلة عليه الزوائد العصبية وتقطع تيارا عصبيا محليا . وتحدث بعض احساسات في ذلك الجزء من المخ الذى يسمى مركز الحس (Sensorium) وأرى أن القضبان مثيلة "بمستقبلات" لاسلكية غير مرنونة ^(١) تجيب على خليط من الأمواج اللاسلكية ، أما المخاريط فمثيلة بمستقبلات مرنونة لا تجيب الا على أطوال موجية محدودة .

وأرى أنه اذا سقطت أمواج "ح" على المخروط فانه لا تتأثر الا الكهارب العاطفة ^(٢) وتحدث بعض أنواع محدودة من الاضطراب تدعو الى حدوث تغير محدود في التيار العصبى المحلى ، وهذا عند بلوغه مركز الحس ينتج ذلك الاحساس الذى ننتعه بالأحمر . وبالطريقة عينها عندنا الأمواج "خ" و "ف" تثير كهاربها العاطفة وتوقظ الأخضر والبنفسجى : واذا سقطت أمواج "ح" و "خ" في وقت معا على المخروط فهناك اضطراب معين آخر يحدث نوعا من الاضطراب في التيار العصبى ، ويحدث ذلك الاحساس الذى ننتعه بالأصفر وهلم جرا . واذا عملت أمواج "ح" و "ج" و "ف" معا فانها تحدث اضطرابا كيماويا محدودا واضطرابا مقابلا لذلك في التيار العصبى يحدث ذلك الاحساس الذى نسميه الأبيض .

(١) عذيت فعل رن للضرورة والايضاح اذا استعمال صيغة اللازم هنا وان كان متشبا مع المسوع في اللغة يدعو حتما الى اللبس والابهام .

(٢) ترجمة (Sympathetic) استعصى على المترجمين في العهد السابق أن يجدوا كلمة للدلالة على المعنى المراد فقالوا : سميتاوى وهو تعريب مطلق . وقد ارتأيت أن أترجمها بأقرب الألفاظ اللغوية دلالة على معناها وهذه الترجمة تدخل فيما يميزه أسلوب الحقائق العلمية التى لا يلحتم أن تجرى مع اللغة ، ومن ثم أصبح مصدرها موضع اشتقاق سائر الألفاظ المتفرقة منها كما مر بك (المترجم) .

ان نقطة الجدل التي أنا في صدددها هي أن كل احساس لوني متميز عن غيره. أرى أن الأصفر مثلا احساس مستقل بذاته لا أنه اثاره لاحساس الأحمر والأخضر في وقت معا. فقد يثار احساس الأصفر بفعل تلك الأمواج الأثيرية وهي خمسمائة بليون في الثانية التي تقع بين الأحمر والأخضر من الطيف، ولكن هذا الاحساس الأصفر بعينه قد يثار بفعل اتحاد ضرب أمواج "ح" وهي أربعمائة بليون في الثانية وأمواج "خ" (وهي خمسمائة وسبعون بليوناً في الثانية) ستبقى الألوان الثلاثة الابتدائية لنظرية يانج هامولتر ولكني أقترح نقلها من نطاق علم النفس (البسيكولوجيا) الى نطاق علم وظائف الأعضاء (الفيسيولوجيا) ولقد ذكرت في مقالتي السابقة الذكر عدداً من الظواهر اللونية يمكن تعليلها بواسطة النظرية التي أدليت بها..

الباب الرابع عشر

آراء مستمدة من الطيف

كيف نحدث طيفا - تأثير الزجاج في أمواج الأثير - لماذا يتغير اتجاه الأمواج -
قياس تمثيلي بجنود سائرة - كيف تفصل الألوان المختلفة - الدور الذي تقوم به
الكهارب في المواد الشفافة - تركيب الأسبكتروسكوب - ملاحظة تكون الطيف
تدريجا - كيف نحدث الخطوط المظلمة في الطيف - ما ذا نخبرنا هذه الخطوط ؟
الخطوط الزاهية - كيمياء الشمس - لم يلاحظ نيوتن الخطوط السوداء في الطيف
الشمسي - صغر مقدار المادة الذي يكشفه المرقب الطيفي (الأسبكتروسكوب) .

لقد كثرت ذكرا للطيف الشمسي في صدد الكلام عن الأبواب
السابقة وما من انسان الا يعرف مظهره بصورة ما . فان كان
منا من لم تتح له فرصة النظر خلال مرقب طيفي (اسبكتروسكوب)
فلا بد أن يكون قد مر به يوم رأى فيه طيفا على أرضية المساكن
أو فوق جدرانها اذ تكون هذه الأطياف حادثة بفعل حزمة من ضوء
الشمس مارة في قطعة من الزجاج مثلثة الشكل متدلية من نجفة،
أو بوقوع ضوء الشمس على قنينة من الزجاج المضلع أو على الحافة
المشطوفة من لوح المرأة . فاذا قدر أن فانت أحدهم ملاحظة
هذه الأطياف العارضة فلعله قد رأى على الأقل طيف الشمس
على نطاق عظيم بالغ في قوس قزح عند ما تشرق الشمس على المطر
المتساقط . بل لقد شاهد أغلبنا لوحات ملونة تمثل الطيف الشمسي
في حين من الأحيان .

واليوم يستطيع الانسان أن يشتري من باعة النظارات مراقب
طيفية صغيرة تحمل في الجيب ، بنصف جنيه تقريبا . ففي قدرة الهواة
أن يفحصوا أطياف مختلف العناصر لأنفسهم ، وإذا لم ير أحدهم على
نفسه مشقة في أن يدبر دخول حزمة من ضوء الشمس في غرفة

مظلمة وأمسك بمنشور زجاجي رخيص الثمن — كأن يكون من نجفة قديمة — على مسافة ما من الشق المهيا في المصراع المغم ، بحيث يكون المنشور على زاوية قائمة مع الشق المذكور ، فانه يستطيع أن يحدث طيفا جميلا على قطعة من الورق الأبيض . هذا ما فعله سيرامحق نيوتن منذ مائتين وخمسين عاما تقريبا . والآن نريد أن نرى كيف يحدث هذا الانفصال بين الأمواج الأثيرية المختلفة بواسطة المنشور .

يجب علينا أولا أن نعرف ما ذا يحدث عند ما تقع أمواج أثيرية على أى قطعة من الزجاج العادى مثل ألواح التوافذ . وسنتناول الأمواج الأثيرية التى تكون حزمة من أشعة الشمس :

نجد انه اذا نزلت تلك الأمواج الأثيرية مستقيمة على لوح الزجاج ، أو بعبارة أخرى تضرب الزجاج على زاوية قائمة من سطحه فان الأمواج تمر خلالها مستقيمة وتستمر على خط مستقيم ، ولكننا رأينا فى باب سابق أن أمواج الأثير يصيبها القصور أى العطل أثناء مرورها خلال الزجاج . والواقع أن سرعتنا تنقص بمقدار ٦٠٠ ميل فى الثانية . حيثما تصادف أمواج الأثير كهارب فى طريقها فان الحركة الاندفاعية للأمواج تتعطل . فى المسافة التى بين النجوم تكاد لا تصادف هذه الأمواج كهارب ، ولذلك فانها تبقى على سرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية أثناء قطعها بلايين الأميال التى تفصل بيننا وبين النجوم السحيقة .

هذه الاعاقة الحادثة للأمواج الأثير حال مرورها خلال الزجاج لا تنتج أى ظاهرة مرئية عند ما تقع الأمواج مستقيمة على الزجاج وتدخله فى زاوية قائمة من سطحه . ولكن تصور حزمة من الضوء ساقطة على زاوية ما وانظر ما ذا يحدث . خير مثال تشبيهى لهذه

الحالة أن يتصور الانسان صفا من الجنود يمثل صدر الموجة :
 تمثل الجنود سائرین صفا منتظما مقتربا من رقعة من أرض حزنة مع العلم
 بأنهم غير سائرین اليها باستقامة بل مقربون منها في اتجاه منحرف بحيث
 يدخل الجندى الذى يكون على أقصى الطرف الأيمن الأرض الحزنة
 أولا . عندئذ يتعطل سيره ونجد أن معدّل سيره قد أصبح ميلين
 في الساعة بدل ثلاثة الأميال التى كان يسيرها في الأرض السهلة .
 وكلما دخل جندى في الأرض الحزنة تنقص سرعة سيره مثل الأول
 ولكن لاختفاء في أن الجنود على أقصى الطرف الأيسر من الصف
 يكونون قد ظلوا في الأرض السهلة زمنا أطول من سائر الصف .
 وعليه يكونون قد استمروا على تمام الخطو بمعدّل ثلاثة أميال
 في الساعة مدة أطول مما قضى أولئك الذين دخلوا الأرض الحزنة
 أولا . ففي الوقت الذى تكون فيه الجنود على الطرف الأيسر
 الأقصى قد دخلوا الأرض الحزنة يكون الجنود الذين في الطرف
 الأيمن من الصف قد نزلوا وراء خط السير الأصلي ويتغير اتجاه
 خط السير بذلك حتى كأنما أمروا بالالتفات الى اليمين !

وإذا دخلوا جميعهم الأرض الحزنة فانهم يسرون كرة أخرى
 في خط مستو ، ولكن لاحظ أنهم لا يزالون يسرون في اتجاه مائل .
 وان لم يكن على زاوية شديدة الانحراف كالسابقة (انظر الرسم "ب"
 صفحة ١٨٨) وإذا نظر الانسان الى الرسم استطاع أن يرى بسهولة
 أن الجنود على الطرف الأيمن الأقصى سيكونون أول من يقطع
 خط الحدود ، ويكونون في الأرض السهلة أولا ، ولذلك سيتقدمون
 على غيرهم أى على المتأخرين عنهم في الخروج من الأرض الحزنة .
 ما حدث فعلا في هذا الطور هو عكس ما قد حدث بالضبط
 في الطور الأول عند ما دخلوا الأرض الحزنة بحيث ارتد الخط ملتفتا .

الى الاتجاه الأصلى . وهو ممثل فى الرسم "ب" . فى المثل التشبيهى
المذكور ترى صدر الموج الأثيرى يضرب الزجاج على زاوية معلومة
وينثنى دائرا عند دخوله الزجاج ثم يعود الى اتجاهه الأصلى عند
تركه الزجاج .

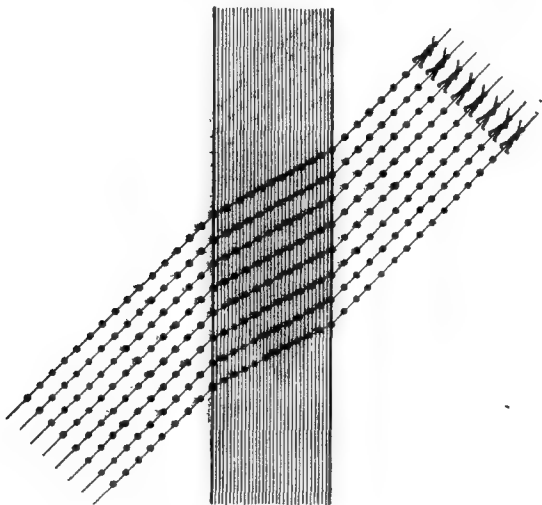
لقد كنا حتى الآن نصور رقعة مستقيمة من الأرض الحزنة
وحدّاها متوازيان ، كما فى الرسم الأول ، فلنفرض حالة أخرى تكون
فيها رقعة الأرض الحزنة ذات شكل غير منتظم كالمبين فى الرسم (ج)
يعنى أن خط الحد الثانى ليس موازيا للأول . فماذا يحدث ؟
يجل أن الجندى الذى كان أول من دخل الأرض الحزنة سيكون
آخر من يخرج منها حتى يترتب على ذلك انثناء خط السير دائرا انثناء
أوسع . . يصبح الحال فى هذا الطور كأنما الجنود قد أمروا مرة
أخرى بالالتفات يمينا . ويتضح هذا من الرسم ، اذ هو لا يقتصر
على تمثيل الجنود سائرين فى رقعة من الأرض الحزنة بل يمثل أيضا
حزمة من الضوء مارة خلال منشور زجاجى . فان موج الأثير
يتهمى ملتفا عند ما يدخل الزجاج وعند ما يخرج أيضا .

إذا كانت حزمة الضوء التى تمر خلال المنشور تشتمل على أمواج
"ح" فقط فانا نجد أن الحزمة لم تنثن بعيدة جدا عن اتجاهها
الأصلى . ولنفرض أننا نعلم عند المكان الذى تقع عليه الأمواج
المتجهة الاحمرار من الحائل بحرف "ح" وإذا جربنا حزمة أمواج "خ"
تاركة الحائل والمنشور كما سبق الشرح فانا نجد أن هذه الأمواج
تنثنى ملتفتة أكثر بحيث تقع رقعة الضوء الأخضر مبتعدة أكثر
على مدى الحائل . وإذا كررنا هذه التجربة واستعملنا الضوء
البنفسجى وجدنا أن هذه الأمواج تنثنى ملتفتة أكثر وأكثر بحيث
تكون صورة بنفسجية على مسافة ما من الأخضر . ولو أننا جربنا

الضوئين البرتقالي والأصفر لوجدنا أنهما يقعان بين الأحمر والأخضر . في حين أن الأزرق والنيلي يأخذان مكانهما بين الأخضر والبنفسجي . هذه هي الطريقة التي يحدث بها الطيف .

وقد نتوسع في مثل الجنود ونتصور سبع فرق مختلفة جميعها مقربة من الأرض الحزنة وجميعها في صف واحد . إنهم جميعاً يستطيعون أن يسيروا بدرجة واحدة في الأرض السهلة . على أن رجال الفرقة رقم "١" لا يحدون الأرض الحزنة من الصعوبة بالدرجة التي تجدها عليها الفرقة رقم "٢" ولذا فإن خط سير الفرقة رقم "١" لا يتغير إلى المدى الذي يتغير إليه خط سير الفرقة رقم "٢" . من أجل هذا يكون سيرها بين الفرقتين في اتجاهين مختلفين اختلافا طفيفا بعضهما عن بعض عند ما تخرجان من الأرض الحزنة إلى الأرض السهلة . أما الفرقة رقم "٣" فتنتهي منفرجة أكثر وهلم جرا . فإذا نودى بالوقوف بعد أن تكون الفرق قد سارت مسافة قليلة في العراء كانت الفرق مفترقة بعضها عن بعض ، أى منتشرة ، وكذلك الأمر في الضوء الأبيض فانا نجد أطوال أمواجه السبع تنتشر مفترقة بمرورها في منشور زجاجي بحيث تكون جميعها طيف الشمس المعروف . والواقع ان وقع اللون الحادثة على الحائل هي حشد من صور الفتحة التي يمر منها الضوء . ولذا فانه اذا أمرت الضوء من ثقب مستدير تكون الصور أقراصا من اللون متربة بعضها فوق بعض ، واذ كانت الفتحة شقا ضيقا كان المرئي متكونا من طيس أى ملايين الملايين من أشرطة مستقيمة ضيقة أو خطوطا متربة بعضها فوق بعض .

يمثل الرسم صفا من الجنود يسرون صوب رقعة من الأرض الخزنة ، تمثل النقط تتابع أطوار سيرهم . فعند ما يسرون في الأرض الخزنة ينقص معدل سرعهم تقصباتا كبيرا . ويلاحظ أنهم مقربون من خط الحد على زاوية بحيث أن الجندي النقي على أقصى الطرف الأيسر من الصفحة يكون أول من يدخل الأرض الخزنة ، وعليه يخف خطوه ، قبل خطو غيره حتى ليتغير خط سيره . وكأنما قد أمر الجند بالالتفاف الى اليمين .



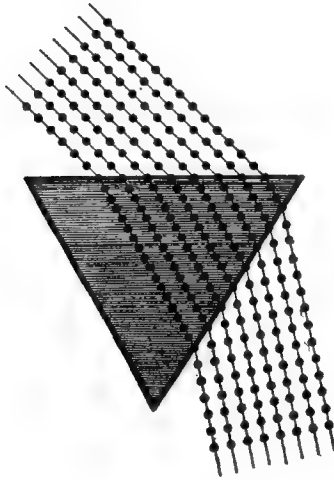
رسم (ب)

ثني حزمة من الضوء

ثم عند ما يتركون الأرض الخزنة يكون الجندي ، الذي كان أول من دخل ، أول من يخرج منها قسرع رجله في الخطو قبل غيره حتى ليتغير خط السير مرثدا الى الاتجاه الأصلي . وكأنما الجنود قد أمروا في هذه الحالة بالالتفات الى اليسار .

في هذا تشبيه لانتاء حزمة من الضوء في مرورها خلال قطعة من الزجاج أو غيره من الأوساط الشفافة كما هو مفسر في المتن . قارن هذا الرسم بالصورة الفوتوغرافية المقابلة لصفحة ١٤٨

هذا الرسم يمثل صف الجنود كما في شكل "ب" سوى أنهم سائرون في قطعة مثلثة الزوايا من الأرض الخزنة . فالجندي الذي على الطرف الأيسر الأقصى من الصفحة ابطلاً من غيره من الجنود سيرا ولذلك فإن الجندي الذي على الطرف الأيمن الأقصى يسير أسهل منه فيتغير خط السير تغيراً كبيراً . في هذه الحالة يكون الجنود كأنما أمروا بالالتفات يمينا في دخولهم الأرض الخزنة ونخرجهم منها .



رسم (ج)

كيف يثنى المنشور حزمة من الضوء

وفي هذا تشبيه تمثيل لانتاء حزمة من الضوء عندما تمر خلال منشور من الزجاج . نحن في هذا الرسم متناولون حزمة ضوئية من أى طول موجى معين ، مثل الموجة التى يحدث عندنا احساس الحجرة . والأمواج الأثيرية الأخرى تلقى انكساراً أكثر من هذا ، وكلما كانت الموجة أقصر طولاً كان انحرافها عن اتجاهها الأصلي أكثر . وعليه فإن الأطوال الموجية المختلفة التى يتضمنها الضوء الأبيض العادى تنتشر مفترقة عندما يمر فى منشور زجاجى — بهذه الطريقة يتكون الطيف الملون ، كما هو مشرح فى المتن على وجه أتم .

ومما يلذ الانسان أن يرى ما يحدثه انكسار الأمواج الأثيرية أى انثاؤها، ويعرف لماذا ينحني بعضها أكثر من البعض الآخر. اقتنعنا حتى الآن بأن نعرف أن سير الأمواج الأثيرية يعوقه الزجاج نظرا لوجود كهارب ، وقد تصورنا صفا من الجنود يمر في قطعة من الأرض الحزنة على سبيل التمثيل .

نحن نعلم أن ظروف الكهارب في نوع من أنواع المواد تختلف عنها في نوع آخر، ولذلك لا يدهشنا أن يكون لبعض المواد الشفافة قدرة على كسر الضوء أكثر مما لغيرها . ولقد سبق أن لاحظنا أن مبلغ الانثناء يتوقف على طول موجة الأثير نفسه ؛ فالأمواج ”ح“ أضعفها انكسارا والأمواج ”ف“ أشدها .

وقد اعتدنا الآن معرفة أن تلك الكهارب التي تستطيع أن نجيب على مقدار سرعة اهتزاز الموجة الواردة هي وحدها التي تقوم بدور فعال جدا في معارضة الأمواج الأثيرية . ورأينا أن الأثير لا يستطيع أن يخترق طبقة جزيئية رقيقة لدى السطح الاحيثا توجد فيه تلك الكهارب العاطفة . ويتوقف كونها تمتص أو تنعكس على كون الكهارب تنطرد عن ذراتها أو تستطيع أن تحتفظ بمكانها وتبقى متصلة بذراتها . ومن الجلى أنه في حالة الزجاج وغيره من المواد الشفافة لا يحدث هذا ولا ذاك ، فلا الأمواج الأثيرية تمتص ولا الكهارب ترد أمواجا أثيرية مثيلة ، بل الجلى جدا أن الأمواج الأثيرية تنفذ خالصة خلال الزجاج ولا يمكن أن تكون هناك كهارب عاطفة أى مجيبة قادرة على وقف الأمواج ويمكن الكهارب الموجودة بالرغم من عجزها عن الدوران بسرعة الأمواج المهمة تبدى شيئا من المقاومة أو الاعتراض ، ولذلك تعوق سير الأمواج . ولقد رأينا كيف أن هذا يؤثر في الأمواج عندما تدخل أو تترك الزجاج على زاوية .

واذ نضع هذه الصورة نصب أعيننا يمكننا أن نفهم كيف تكون بعض المواد شفافة لبعض أطوال موجية وغير شفافة لغيرها . ولذا ذكر القارئ أنه لبيان أن الأطوال الموجية للحرارة المعتمة ، الطويلة ، يمكن كسرها بالضوء " المنظور " استعملنا منشورا من الملح الصخري بدلا من الزجاج . فان المنشور الزجاجي يكاد يكون معتما بالنسبة لتلك الأمواج الحرارية الطويلة في حين أن الملح الصخري يسمح لها بالمرور في جرمه كما يسمح الزجاج للأمواج الضوء " المنظور " بالمرور .

في زجاج النوافذ الملون ايضا جيد لقطع من الزجاج أعدت بحيث يمتص بعض الأطوال الموجية وتسمح لغيرها من الأمواج الأثرية بالاختراق . واذا سمحت قطعة من الزجاج بمرور أمواج " ح " فقط فانا نقول عن الزجاج في كلامنا الدارج أنه أحمر ، أما الأمواج الأثرية التي تنفذ منه مخترة فتعينها كفاءات الكهارب التي تشمل عليها المادة .

عجيب أن يستشعر بعض الناس صعوبة كبرى في إدراك حقائق الامتصاص والانعكاس على بساطة أمرها . مثال ذلك أنني أريت أحد المتعلمين تعليما جيدا طيف الشمس ساقطا على قطعة من الورق الأبيض وسألته عما يحدث اذا نحن استعملنا ورقة حمراء بدل الحائل الأبيض ، أى الورقة ، فكان جوابه أن الأحمر اذاك لن يرى ، وأن سائر ألوان الطيف تختلط بالأحمر ، فلا زرق اذ يقع على الأحمر يحدث أرجوانيا ، وهلم جرا . وقال آخر : إن الأحمر في هذه الحالة لن يرى على حقيقته أما بقية الطيف فلن يصيبها بأس . ولا شك في أن الذى يعطى مثل هذه الأجوبة لا يكون قد أدرك معنى الامتصاص والانعكاس . إن الحائل « أحمر » لأن



المرقب الطيفي في حالة استعماله

عند ما تمر أمواج الضوء الواردة من أى لمب خلال منشور زجاجي ترى خطوط
معينة ثابتة في الطيف الناتج . وبواسطة هذه الخطوط يمكننا أن نستكشف وجود
المقادير الصغرى من المادة ، ونميز بين مادة عنصرية وغيرها . بهذه الوساطة
استلطنا أن حرف المواد التي تتكون منها الاجرام السماوية .

سطحه يشتمل على كهارب قادرة على امتصاص كل الأمواج الأثرية ما عدا الأمواج الأثرية المحدثه الاحمرار . وعليه فلا نرى طيفا على الحائل الأحمر . لا نتبين الا رقعة الأحمر الصغيرة . سنرى مما يلى أننا استمددنا من الطيف عدّة من الآراء الرائعة . ولكي نجرى مشاهداتنا على وجه ملائم يثبت المنشورين أنبوبتين كما هو مبين فى الرسم المقابل لصفحة ١٩١ واحدى الأنبوبتين مهيأة فى أحد طرفيها بشق رأسى يمر منه الضوء الذى يراد فحصه . والعادة أن يكون هذا الشق قابلا للتعديل بحيث تغير سعته طوعا للارادة . وتوجد فى الطرف الآخر لهذه الأنبوبة عدسة ، حتى أن حزمة الضوء الوارد من الشق تخرج مارة بالعدسة كحزمة من الأشعة المتوازية . وتسمى هذه الأنبوبة ذات الشق والعدسة الرانية كوليناتور (Collimator) ^(١) وتركيب الأنبوبة غاية فى البساطة فهناك فتحة فى أحد طرفيها وعدسة فى الطرف الآخر . وعندما تخرج حزمة الضوء من هذه الأنبوبة تقع على المنشور الزجاجى صانعة معه زاوية . وبمرورها خلال المنشور تتفوق على صورة طيفه وتنتهى منعطفة حتى تدخل الأنبوبة الثانية التى ليست الا مرقا "تلسكوبا" قصيرا لتكبير صورة الطيف . ويسمى جميع الجهاز بالمرقب الطيفى ، الاسبكتروسكوب (Spectroscope) وقد تضاف اليه وسائل صالحة لقياس مبلغ انشاء الأشعة ، وفى هذه الحالة تسمى الآلة أحيانا مقاس الطيف (Spectrometer) الأسبكترومتر .

وقد نلاحظ فى مرورنا أنهم يستبدلون بالمنشور الزجاجى أحيانا ما يسمى "الشباك" المحرز ومعناه فى اللغة القضبان المتقاطعة

(١) ضربنا صفحا عن بضعة أسطر جاءت فى صلب الكتاب عن أصل الكلمة فى اللاتينية ونحطأ من وضعوها (الترجم) .

كما نراه في بعض النوافذ وغير ذلك ، ولكن الشباك الذي نحن بصدده عبارة عن متسق من خطوط متوازية دقيقة جدا مسطرة على لوحة زجاجية . عندما يمر الضوء العادي خلال أحد هذه الشبائيك تنتج أطيفا جميلة . وهناك فرق واحد بين فعل الشباك المخزور وفعل المنشور . ذلك أن المنشور ينشر حزمة الضوء فيكون طيفا مفردا أما الشباك فيحدث أطيفا عدة . تمر بعض صور الضوء الأبيض مستقيمة خلال الزجاج بين الخطوط وتحدث صورة بيضاء ناصعة في مركز الحائل . وعلى جانبي هذه تتكون أطيا عدة متناقصية التصوع . وإذا كانت الخطوط الدقيقة مسطرة على قطعة من فلز مرآة (Speculum) مصقول انعكس الضوء منها على صورة طيف . والشباك الذي من هذا القليل يمتاز على المنشور ، ولكن لا حاجة بنا الى التبسط في هذا الصدد .

وإذا نظر الإنسان الى شباك مرآة دقيقة الخطوط جدا فإنه لا يستطيع رؤية الخطوط ولكن جميع سطحها يلوح ملونا بلون قوس قزح . وليست خاصة فرز مختلف الأطوال الموجية في الضوء من حق منشورات الزجاج وتلك الشبائيك وحدها ، ففي أيامنا هذه ، أيام السيارات التي تسير بالبترول لا يفوت أضعف السابله أن يلاحظ أحيانا تلك الألوان الرائعة الجميلة التي تنعكس على سطح الأرض الرطب اذا سقط عليه بعض الزيت . هناك نرى خليطا من الألوان . ومن الجلي أن كثيرا من الأطوال الموجية المختلفة قد انفصل عن الضوء الأبيض الساقط على السطح الزيتي . في هذه الحالة يحدث انقراز الأطوال الموجية بتدخل الأمواج الأثيرية المنعكسة وعدم انتظام الانقراز مسبب عما هنالك من التباين في سمك طبقة الزيت التي على السطح الرطب . وترى نفس هذه الظاهرة على فقاقيع الصابون الكبيرة ، وقد استعمل الأستاذ ليبمان (Lippmann) مبدأ هذا التدخل لاهداث للفوتوغرافية الطبيعية الألوان ، على أن عملية تجربة معملية تقريبا .

والتلون الذى تبديه بعض الاصداف مسبب عن وجود خطوط دقيقة شبيهة بشباك المرأة المجهرية السالفة الذكر . ومن الحقائق العجيبة أنه اذا أخذ عن سطح الصدف طابع من شمع الختم انطبعت على الشمع تلك الخطوط الدقيقة انطباعا يكفى لإحداث تلك الظاهرة اللونية .

لتصور أننا فى غرفة مظلمة فاذا يمكننا أن نشاهده فيها بمساعدة المرقب الطيفى ؟ ولنفرض أننا قد هياأنا وسيلة صالحة لاحماء قطعة من الحديد بواسطة تيار كهربائى مثلاً ، ووضعنا المرقب المذكور بحيث يستقبل أى موجة أثرية تبعثها قطعة الحديد المحمأة . لمدة ما لا نرى شيئاً سواء نظرنا فى المرقب أم نظرنا مباشرة الى المكان الذى نعرف أن الحديد يشغله .

ولكن ما تأخذ قطعة الحديد فى التوهج وننظر فى المرقب حتى نرى ذلك الجزء من الطيف الذى يحدث عندنا احساس الحمرة ، نرى الرقعة الحمراء ولا شئ سواها . فنعلم من هذا أن فى الحديد كهارب دائرة بسرعة قدرها أربعة بلايين دورة فى الثانية . واذنا ارتفعت درجة حرارة الحديد نرى أنها أصبحت تتوهج بازدهار أكثر فاذا نظرنا عندئذ خلال المرقب نرى أن الجزء البرتقالى من الطيف قد ظهر ثم يأتى الأصفر ، وبعده الأخضر فالأزرق والبنى والبنفسجى بالتدرج كل فى دوره . وبذا نرى كيف انبنى الطيف بأكمله بالتدرج باندفاع الكهارب فى مختلف سرعة الدوران . ليس لنا أن نتوهم أن فى الحديد كهارب من طبيعتها أن تدور بمختلف هذه السرعة لو كانت ذراتها حرة لا يصطدم بعضها ببعض ، بل السبب فى أننا نحصل على هذه الأنواع المختلفة من الأمواج الأثرية بيعتها الحديد المحمى هو أن الكهارب انما تدفع الى هذه الخطى بثوران الذرات المتسبب عن سرعة اهتزازها ، واذ أن

الذرات محتشدة بعضها مع بعض فان الكهارب تعاق ، ولذلك فاننا نجد درجات مختلفة من السرعة في دورانها . وكل جسم صلب يرفع الى درجة الحرارة البيضاء يكون كذلك . فيحدث طيفا كاملا ولا يفيدنا طيف كامل من هذا القليل شيئا عن طبيعة المادة التي ترسل الضوء ، بل لا بد لنا من حل الذرات بعضها من بعض الى حد تستطيع كهاربها عنده أن تدور دورتها الطبيعية .

اذا صهرنا الحديد فاننا نحمر الذرات من وثاقها الصلبي ولكنا اذا فحصنا الضوء المنبعث من الفلز المنصهر ظللنا نرى طيفا كاملا . واذا كانت لدينا وسيلة لرفع درجة حرارته الى ٦٠٠٠ درجة فهرنهايت أى ٣٣٠٠ مئوية فاننا نستطيع بهذا أن نمكن بعض الذرات من الانطلاق في الهواء على صورة غاز كما هو حال البخار الصاعد من الماء المغلي . واذا وجهنا المرقب صوب البخار الحديدي وأمررنا خلاله ضوءا أبيض واردا من منبع آخر أسخن منه ثم فحصنا الضوء الناتج نجد ظاهرة عجيبة جدا ، نرى طيف الضوء الأبيض ولكنه يكون مشتملا على متسق من خطوط مظلمة دقيقة تقطعه على فترات وظاهر من هذا أننا فقدنا في هذه الحالة بعض الأمواج الأثرية التي كان الضوء الأبيض يشتمل عليها . لم نحصل على الطيف المتصل الذي كان يجب أن يحدثه الضوء الأبيض بل حصلنا على طيف يوجد فيه خلاء هنا وهناك .

ان الطيف متكون من ملايين الملايين من صور الشق الوارد منه الضوء كلها محبوكة بعضها ببعض ومحدثة شريطا عريضا مثل خيوط السداة الملوّنة في شريط قزحي اللون . وفي الحالة التي نحن بصدددها يكون الشريط كأنما نقصت منه بعض خيوط من هنا ومن هناك .

واذا نظرنا في المرقب ” الطيفي ” الى الضوء الذي مر خلال بخار الحديد لا نجد صعوبة في تقدير أين ذهبت الأمواج

الاثيرية المفقودة . ليس هناك الا نتيجة واحدة ممكنة : تلك أن بخار الحديد امتصها ، وبعبارة أخرى ان الكهارب المتصلة بذرات الحديد قد وقفتها . أما الأمواج التي استطاعت أن تنفذ الى المرقب الطيفي فانها لم تجد كهارب مجيبة في البخار .

ولنفرض أننا أخذنا صورة فوتوغرافية لهذا الطيف المتقطع . وجلي أن من اللازم أن تؤخذ هذه الصورة من خلال المرقب ، واذ أن الصورة الفوتوغرافية لا تبدى ألوانا فعليا أن نعلم عليها مواقع الأجزاء الملونة المختلفة . عندئذ نرى خطوطا كثيرة جدا حادثه في جزء الأحمر ومثلها في الأخضر وهلم جرا . نجد عددا كبيرا من الخطوط على مدى الطيف .

واذا أخذنا صورة فوتوغرافية أخرى من الضوء المار خلال أنبجة من عدة مواد أولية وقارناها بعضها ببعض وجدناها مختلفة اختلافا تاما ، بل إننا نحصل من كل عنصر على نفس الخطوط دائما . ففي الضوء المصور خلال بخار الصوديوم نجد خطين مظلمين فقط ، وهذان يحدثان في الجزء الأصغر من الطيف . وهذان الخطان متقاربان جدا حتى ليراهما الانسان في المرقب لطيفي البسيط كأنهما خط واحد . فلماذا يحدث هذه الخطوط ؟ ليست الخطوط إلا صورةا للشق الذي يمر خلاله الضوء في المرقب .

مما تقدم نرى أنه لا بد للعنصر أن يكون في حالته الغازية قبل أن نستطيع احداث طيفه الخطي . رأينا أن بخار الصوديوم يمتص طولين موجيين معينين واقعين في الجزء الأصغر من الطيف . من هنا نعلم أن البخار لابد أن يشتمل على كهارب قادرة على الدوران بسرعة مقابلة لتلك الأمواج الخاصة . ولذلك يبدو من المعقول أنه اذا كانت هذه الكهارب يمكن دفعها الى الدوران بمعدل سرعتها

الطبيعى فلا بد لها أن ترسل أمواجاً تعادل نفس هذه السرعة فى الاهتزاز . وهذا مانجده بالضبط . فأننا إذا أحرقنا قطعة من الصوديوم فى لهب بنسن (Bunsen Flame) وخصنا لهب الصوديوم المحترق بنجد خطين أصفرين زاهيين فى نفس الموقعين اللذين ظهر فيهما الخطان المظلمان .

وإذا أحرقنا غاز الايدروجين وخصنا لهبه بواسطة المرقب فأننا نجد ثلاثة خطوط زاهية ، واحدا منها متميزا جدا فى الجزء الأحمر من الطيف ، وواحدا فى الأزرق . أما الثالث فخط يكون نوعا ما أقل وضوحا . ويوجد بعد الثانى فى قطعة الأزرق صوب الطرف البنفسجى من الطيف . وقد تكشف خطوط أضعف مظهرا إذا استعملت أداة استكشاف أدق ، على أننا باستعمال مرقب جيبي صغير نبتين هذه الخطوط الثلاثة تماما .

وعندنا طريقة ميسورة جدا لفحص أطيايف الغازات . فأننا إذا ملأنا أنبوبة زجاجية بغاز الايدروجين ثم وصلنا الأنبوبة بمفرغة هوائية أمكننا أن نسحب أكثر غازها ونترك ما نسميه "فراغا" إذ الواقع أننا وإن كنا نسمى هذه أنابيب "فراغية" نعلم أنها لا تزال بعد تشتمل على مقدار قليل جدا من الهواء أو الغاز . قد تستفرغ الأنبوبة حتى لا يبقى فيها إلا جزء من مليون من الهواء الذى يملأ الأنبوبة تحت درجة الضغط العادية . ولكن التفريغ فى الحالة التى نحن بصدددها ليس على مثل هذه الدرجة العالية . فأنما قصدنا أن نفرق بين الذرات تفريقا يكفى لاعطاء كهارجها حرية للدوران حول ذراتها بسرعتها الطبيعية أى الدورية ثم نحتاج بعد هذا الى جعل هذا المجتمع من الذرات الحرة ذاتى الاضاءة . نحن نعلم أن فى استطاعتنا أن نجعل محتويات

الأنبوبة الفراغية مضيئة باستمرار تفريغ كهربائي خلال الأنبوبة . عند ما نصل أقطاب الأنبوبة بملف استحداث — ملف تأثير — أو بالة كهربائية نجد مظهر النجم الشمان تماما داخل الأنبوبة . ويختلف لون الوهج باختلاف نوع الغاز المستعمل في الأنبوبة . أما في الحالة التي نحن بصددنا فعندنا من غاز الايدروجين ضوء أحمر باهت جدا . وإذا فحصنا هذا الضوء خلال المرقب الطيفي نرى الخطوط الايدروجينية المعروفة ثم تكون الخطوط زاهية ، كما يكون الحال لو أن هذا الغاز كان محترقا . أما الخطوط المظلمة فلا ترى إلا عند ما يختبر الضوء المسار خلال بخار ما فيدل هذا على أن هذه الأطوال الموجية قد امتصها الغاز .

ولقد كانت الطريقة السابقة لفحص أطيايف العناصر الغازية ذات فائدة عظيمة إذ هيأت لنا وسيلة الحصول على غازات نادرة الحدوث لا يمكن حصولنا عليها بمقادير كبيرة ، وهي تساعدنا أيضا على إيجاد طيف الأكسجين وغيره من الغازات غير القابلة للاشتعال .

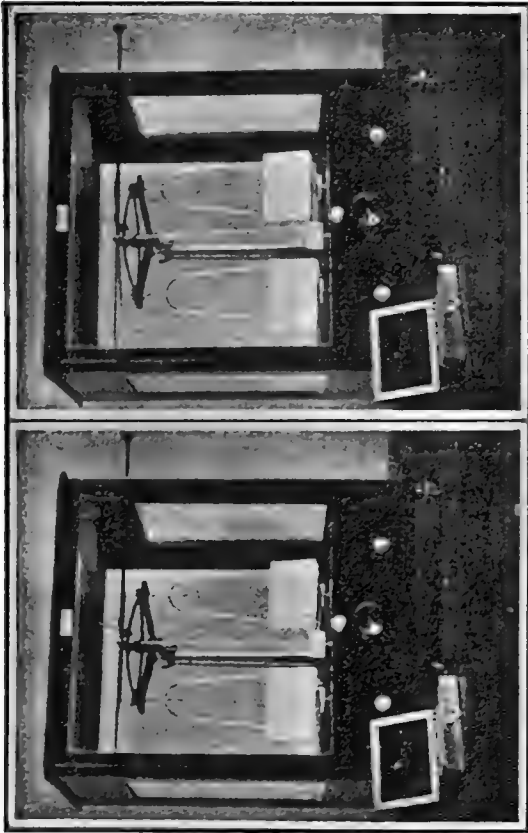
وإذا كان لكل عنصر نظامه الخاص من الخطوط في الطيف فإنا نستطيع أن نستدل من أى طيف معلوم على المواد التي تحدثه مهما كانت هذه المواد مختلطة . فمثلا إذا كنا نصور طيف الشمس بالفتوةغرافية فإنا نجد ألوانا من الخطوط مبعثرة في صفحة الطيف جميعها . وإذا علمنا على الخطوط التي يحدثها الايدروجين والتي يحدثها الحديد وهكذا ، أمكننا أن نستدل بالدقة على العناصر المختلفة التي تشتمل عليها الشمس . نجد منها ما لا يقل عن أربعين عنصرا ، منها الايدروجين والصوديوم والحديد والنيكل والناصريين . كل هذه موجودة على صورة غازية في الجو الخارجي من الشمس .

هذه الأبخرة تمتص بعض الأطوال الموجبة التي تكون الطيف المتواصل الذي تحدته الشمس المتوهجة ، ولذلك تحدث خطوطا مظلمة في الطيف .

يمكننا أن نعرف شيئا كثيرا عن الأشياء التي تحيط بنا اذا تناولناها وفحصناها ، بيد أنه لا يمكننا دائما أن نحكم من أى مادة هي متكونة . فكر في الشمس فانها واقعة على مدى ثلاثة وتسعين مليون ميل من أرضنا ، ومع ذلك فاننا نستطيع أن نقول من أى المواد هي متكونة . ألا إن كيمياء النجوم مرجعها جميعها الى المرقب الطيفي .

من العجيب أن سيرا سحقي نيوتن لم يلاحظ هذه الخطوط المظلمة في طيف الشمس . انها توجد حتى في الطيف المستحدث بواسطة منشور زجاجى عادى مما يستعمل في الثريات القديمة الطراز . قيل أن نيوتن استخدم مساعدا ليفحص له الطيف ومع ذلك نتساءل : كيف فات المساعد أن يلاحظ هذه الخطوط ؟ على أنى ارجح أنه مر بتلك الخطوط السوداء الصغيرة على اعتبار أنها ناشئة عن شئ من عدم الانتظام في تكوين المنشور الزجاجى . نعم إنه كان يستطيع أن يتثبت من هذا الأمر بازاحة منشور الزجاج الى هذا الجانب أو ذاك ومراقبة الخطوط ، أتتحرك هي أيضا بتحريك المنشور أم تلزم مواقعها المحدودة بالطيف . ولكن لا يفوتنا أن نذكر أن الناس منذ قرنين ونصف لم يكونوا ملمين بهذه الوسائل الدقيقة في التجارب الاستنتاجية التي اعتدناها في هذه الأيام .

ومن النقط التي تروع النفس من أمر المرقب استطاعته كشف المقدار المفرط في الصغر من المادة . فاننا اذا أحرقنا بضع حبيبات من ملح الطعام في مصباح بنصن فاننا نجد خطوط الصوديوم



استكشاف المقدار القليل من المادة

في الصورة اليسرى ترى قطعتين من الورق قد قطعنا بحيث أصبحت كل منهما توازن الأخرى تماماً على كفتي ميزان حساس جداً. وكنيت كلمة (Atoms) أي "ذرات" بقلم الرصاص على إحدى الورقتين فظهر فرق الوزن كما ترى في الصورة الثانية . يمثل هذه الموازين يمكن استكشاف المقادير الصغيرة جداً من المادة . على أن المرقب الطيني يستكشف جزءاً على مليون من المادة الرصاصية التي استغدت في كتابة كلمة (Atoms) المذكورة .

بوضوح حتى وإن استعملنا مرقبا طيفيا مما يوضع في الجيب .
ومن المعروف أن نقطة واحدة من الدم إذا أُلقيت في ملء فنجان
الشاي مملوء بالماء أعطت طيفها المميز عند ما يفحص الضوء
الأبيض المار خلالها ، وبهذه الطريقة يمكن التمييز بين الدم
الوارد من شريان أووريد حتى وإن كان المقدار ضئيلا جدا .
نعم إن دم الشريان يتأكسد عند ما يخرج من القلب اذ سبق له
أن استمد أوكسجيننا من الهواء في الرئة ، أما الدم الوارد الى القلب
بواسطة الأوردة فيزول تأكسده ، أى يختزل ، اذ يكون قد أعطى
للجسم أوكسجينه ، ففي المرقب ترى خطوط امتصاص مظلمة
تمثل الأوكسجين اذا كان الدم شريانيا ، واذا كان وريديا كانت
هذه الخطوط مفقودة . وقد تضع حول هذه الحقيقة قصة من
قصص شارلوك هولمز : يعثرون مثلا على سيدة حسناء ميتة وظاروف
موتها مبهم ، ولا يستطيع الأطباء ولا الشرطة أن يقدموا تفسيراً
عن حالتها فيدعى شارلوك هولمز ويسحب نقطة دم واحدة من
أحد الشرايين ، ويجرى عليها عملية الفحص المرقبي ويمكنه
اذا ذاك أن يحكم قطعا أن المرأة ماتت من الاختناق من دخان
غلم الحطب المحترق لأن جميع الدم في هذه الحالة يكون جميعه
قد زال تأكسده .

مما تقدم يتضح أن المقدار الصغير جدا من المادة ممكن
استكشافه بواسطة المرقب الطيفي ولكن ليست هذه قط بالحالات
القصوى . واذا قلنا إن المرقب الطيفي الدقيق يستطيع أن يستكشف
جزءا من مليون من مليجرام فلن يفيد هذا القول معنى كثيرا
لأولئك الذين لم يعتادوا أن يشتغلوا بالمليجرامات ، بيد أنه بمساعدة
الصورة المقابلة لصفحة ١٩٩ يمكننا أن ندرك عظم مقدار حس

المرقب الطيفي . نجد في الصورة ميزانا كيمائيا حساسا جدا بحيث يستطيع أن يكشف وزن كلمة مخطوطة بقلم رصاصي : في الصورة الأولى نجد قطعتين من الورق متساويتين في الوزن بالضبط .

فاذا أخذنا إحدى الورقتين وكتبنا عليها كلمة واحدة بالقلم الرصاصي فاننا في عملنا هذا نكون قد ألصقنا بها جزءا صغيرا جدا من سن القلم على سطح الورقة ولا نرى بعد ذلك فرقا في سن القلم لأنه لا يزال صالحا لنكتب به مئات كثيرة من الكلمات . ومع ذلك فان الميزان لا يقصر عن الدلالة على الحمل الذي زاد كما نرى في الصورة الفوتوغرافية الثانية . في هذه الحالة كشفنا أربع مليجرامات تقريبا من المادة ، ومع ذلك فان هذا الميزان الكيمائى يقدر أن يقوم بعمل أدق من هذا . هنا نرى وجود مقدار قليل جدا من المادة يكشفها الميزان ، ومع ذلك فان المرقب يمكنه أن يكشف جزءا من أربعة ملايين جزء من هذا المقدار من المادة . فكر في دقة مقدار "الرصاص" الذى زال عن سن القلم وحاول أن تتصوره وقد قسم أربعة ملايين جزء واعلم أن المرقب الطيفي يستطيع أن يكشف طبيعة واحد من هذه الأجزاء غير المنتهية في الصغر . على أن اهتمامنا بأمر المرقب الطيفي لا ينتهى عند هذا الحد فسنرى من الباب التالى كيف أن هذا الجهاز البسيط قد أضاف الى معلوماتنا حقائق ثمينة خاصة بالتجزم السحيقة .

الباب الخامس عشر

منشأ الكوكب

كيف نقيس درجة حرارة كوكب ما — قد يكون للعنصر غير طيف واحد — قياس .
تمثيلي بالانغرافية اللاسلكية — درجة حرارة الشمس — منشأ الكوكب — تكوين .
الذرات — تفتت الذرات — خزان الطاقة الكامنة — كيف نعرف أن بعض النجوم ،
يقرب منا بسرعة عظيمة — قياس تمثيلي بصفارات القطر الحديدية — كيف ترسل .
الينا الكواكب رسائل لاسلكية — برهان تجريبي على أن الضوء مسبب عن كهارب .
تدور حول الذرات — تجربة رائعة .

كيف يمكننا أن نعرف درجة حرارة كوكب بعيد منا ببلايين
من الأميال ؟ أحسب أننا نستطيع أن نخمن تخميناً وجيهاً عن كيفية
امكان القيام بهذا الأمر ولو لم نكن قد سمعنا من قبل بإمكان
ذلك . نستطيع على الأقل أن نقترح وسيلة ميسورة لمقارنة درجة
حرارة كوكب بدرجة حرارة كوكب آخر إذ أدركنا ما حدث عند
ما أحسينا على التدريج قطعة من الحديد وخصنا الضوء المنبعث
منها . فقد رأينا إذ نظرنا في المرقب الطيفي أولاً الجزء الأحمر من
الطيف فقط ثم إذ ارتفعت درجة حرارة الحديد شيئاً فشيئاً ظهر
الجزء البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي والبنفسجي .
نعلم إذ ذاك أنه إذا أحدث كوكب ما الطرف الأحمر من الطيف كان
هذا دليلاً على أن ذلك الكوكب ليس من الحرارة بدرجة كوكب .
غيره يحدث الجزأين الأحمر والبرتقالي ، وكلما زاد من أجزاء الطيف
شيء كان الكوكب المحدث لهذه الزيادة أسخن . هذا الترمومتر
الملائم لا ينتهي عند حدّ الطرف البنفسجي من الطيف . فهناك
أمواج أثرية أخرى أعلى تردداً ، وهذه الأمواج الأثرية الخاصة

بالضوء فوق البنفسجي تؤثر في اللوحة الفوتوغرافية، ولذلك فأننا نستطيع بواسطة الفوتوغرافية أن نطيل مدى مقياسنا الحرارى وراء حد الطيف المنظور . وإذا وجدنا أن كوكبين يحدثان طيفين يمدى واحد نعلم أن هذين الكوكبين على درجة حرارة واحدة .

لكل عنصر خط طيفه الخاص المميز ولكن لا يصح لنا أن ننظر أنه من المستحيل على طيف معين أن يمدى شيئاً من الاختلاف . لقد كانوا يعتقدون زماناً طويلاً باستحالة أن يتباين الخط الطيفي لأى عنصر بأية طريقة . ولكن منذ نصف قرن تقريباً نشر عالمان نمساويان مقالة ذكر بها أن فى الامكان حمل بعض العناصر على انتاج أطيااف مختلفة تمام الاختلاف عما هو معروف عنها . وأبدى سيرنورمان لوكيار (Norman Lockyer) الذى أبلى فى هذا الفرع من العلم بلاء كثيراً ، بطريقة واضحة جداً أن أطيااف بعض العناصر تبدى حالات من الاختلافات خارقة للعادة عند ما يكون العنصر على درجات مختلفة من الحرارة ، فطيف الصوديوم عند ما يحترق فى لهب بنصن أبسط تركيباً من الطيف الذى يحدثه عنصر الصوديوم نفسه عند ما يوضع فى قوس كهربائى ، ويحدث تغير آخر إذا استعملت شرارة كهربائية كينبوع للاضاءة . فى هذه الأحوال الثلاثة ينتج الصوديوم أطوالاً موجية مختلفة فى الأثير المحيط ويبدى الطيف اللهبى للحديد خطوطاً قليلة ، فى حين أن طيفه القوسى يبدى ما يقرب من ألفى خط . ولا يفوت أحداً أن طيف أى عنصر ثابت دائماً فى نفس الظروف . فالمعروف لنا أن الصوديوم يحدث ترتيباً معيناً فى خطوط طيفه على درجة حرارة اللهب منه ، وأن له ترتيباً آخر مسبباً عن وجوده فى درجة الحرارة العالية من القوس الكهربائى . من هذا يتضح

أن قراءة الأطياف الكوكبية ليست أمرا بسيطا بحال ما . لا يقتصر ترتيب معين في الخطوط على الدلالة على العنصر بل يتعداه الى اعطاء فكرة عن درجة الحرارة التي يكون عليها العنصر، ومن ثم كان لترموترنا الكوكبي وجه دلالة آخر . وهناك دلائل أخرى على درجة الحرارة ولكن ما فات يكفى لبيان كيف أمكننا اكتساب ما لدينا من الآراء الخاصة بدرجات حرارة الكوكب البعيدة .

ولقد استطاع المشتغلون بالعلوم أن يقرأوا الكثير من المعلومات القيمة من الخطوط الطيفية للشمس والكواكب حتى كأنما أمواج الاثير رسائل تلفرافية لاسلكية ترسلها الكهارب الدائرة في الكواكب السحيقة ، وكأن مراقبنا الطيفية أجهزة استقبالها . وبواسطة الفوتوغرافية نعمل على أن تدون تلك الاشارات اللاسلكية الكوكبية نفسها ويكون مختلف الخطوط الطيفية بمثابة الدليل التلفرافي . واذا وضعنا هذا المثل التشبيهي نصب أعيننا كان سير نورمان لوكياروسير ويليام والادى هاجنس (Lady Huggins) رؤساء التلفرافيين ، فقد أبان لوكيار أن الخطوط الطيفية للحديد في جو الشمس أو غلافها المضيء هي بعينها التي يحدثها الحديد الذي يكون على درجة القوس الكهربائي . هذه الرسالة التلفرافية تخبرنا أن درجة حرارة غلاف الشمس تبلغ ٩٠٠٠ مئوية تقريبا وقد صححت هذه الرسالة التلفرافية فكرة كانت خطأ جدا كونها الانسان فيما سبق ، فقد كنا نعتقد منذ خمسين سنة أن درجة حرارة الشمس تبلغ عدة ملايين من الدرجات .

ومما يلذ الانسان دون التبسط في تفصيل الطيف ، أن يرى أى رسائل تلفرافية أخرى قد وصلت الى هذا الكوكب من الأجرام السماوية . لا حاجة بنا الى دليل الاشارات التلفرافية، بيد أننا سنرى ما ذا استخرج التلفرافيون من الرسائل الواردة .

نحن نعلم أن الشمس العظيمة آخذة في البرودة تدريجاً وإن كثيراً من الكواكب تحذو حذوها ولكننا نعلم من جهة أخرى أن هناك نجوماً أخرى تزداد حرارة ونقدّر أن أسخن كوكب يبلغ ٣٠ ألف درجة مئوية .

وقد قرأ أحد تلغرافيينا الرسالة الآتية ، وسواء أكان قد فسر الاشارات القاموسية تفسيراً صحيحاً تماماً أم لا فإن الرسالة ذات روعة عظيمة إذ أنها تقدم تعليلاً وجيهاً عن مولد الكوكب .

يكون عندنا في أول الأمر سديم عظيم (Nebula) يشغل حيناً يقاس بملايين الأميال ويتكوّن هذا السديم من أسراب من النيازك (Meteorites) التي هي فئات من المادة الصلبة تشتمل على العناصر كما نراها في كوكبنا . هذه النيازك أجسام باردة وقد تكون من الصغر بقدر حجم رأس الدبوس أو ذرات التراب . وعلى كل حال ففي الاستطاعة تصوّر هذه النيازك مصطدمة بعضها ببعض عند ما تميل إلى الانجذاب نحو مركز الكتلة . هذه الاصطدامات تحدث حرارة ، وعليه ترتفع درجة الحرارة تدريجاً كلما أخذت الكتلة في التكثف . وعلى مضي الزمن ترتفع درجة الحرارة إلى حد تصبح عنده الكتلة — وقد أصبحت إذ ذاك أقل جرماً — جميعها على صورة غاز ؛ هذه حالة أسخن الكواكب . وإذا بلغت هذه الحالة لا تكون هناك جسيمات صلبة لإحداث اصطدامات أخرى تستبقي حالة ارتفاع درجة الحرارة ، ولذلك يأخذ الكوكب في البرودة .

عند ما يكون الكوكب على أقصى حالة من الحرارة تصل إلينا في المرقب الطيفي رسالات لا سلكية تخبرنا أن بعض العناصر قد انحلت إلى صور أبسط منه نظراً للحرارة المفرطة التي يحتمل أن تبلغ

عشرين ألفا الى ثلاثين ألفا من الدرجات المئوية . ولتميز العناصر المنحلة أعطيت لها أداة التعريف الكيماوى بروتو (Proto) ^(١) فنقول بروتو ايدروجين و بروتو مغنيزيوم وغيرهما من العناصر الأولية كما توجد فى الكواكب الشديدة الحرارة . وفى غيرها من الكواكب التى ليست حارة مثلها نجد البروتوحديد والبروتونحاس وهكذا، وكلما نقصت الحرارة اخفت هذه البروتية وتظهر الخطوط الطيفية المنتظمة للعناصر، كما هو حال ما نرى على كوكبنا هذا. وكلما زادت برودة الكوكب وجدنا به عناصر أكثر، ولا شك فى أن هذه العناصر قد تكونت تدريجاً أى تكثفت أثناء عملية التبرد، فهى بلا شك حالة من حالات الذشوء. وإذا قارنا الرسائل الواردة من الكواكب المختلفة فى درجة الحرارة نرى أنه لا يوجد فى أسخن الكواكب إلا أخف العناصر، وأثقلها يظهر بالترتيب تقريبا بتدرج الكوكب فى التبرد .

لقد أصبحنا ولا شك على علم بأن ذرات جميع العناصر متألفة من كهارب، وقد رأينا من الفقرة السابقة أنه لا يجتمع من الكهارب على درجة الحرارة العالية جدا التى توجد فى بعض الكواكب ، الا عدد قليل جدا ليكون ذرة، فى حين أن العدد الكثير منها يجتمع ويكون ذرة أثقل فى درجات الحرارة المنخفضة .

من الطبيعى فى هذا المقام أن نتساءل عما يحدث عند ما يصبح الكوكب من البرودة بدرجة يقف عندها عن التوهج ، ولنقل عند ما نكون فى الحالة التى فيها الكوكب الذى لنا حسن الحظ بالوجود عليه . فعندنا فى أرضنا نحو ثمانين عنصرا أثقلها جميعا الأورانيوم

(١) بروتو (Proto) من الكلمة الاغريقية (Protos) ومعناها الأول أو الأصل .

(Uranium). فماذا يمكن أن يحدث بعد ذلك ؟ . هل سيسخن هذا الكوكب حرارته متبها هو والكون جميعه ثم يمسى كتلة باردة خامدة ؟ لم يخيل إلينا حتى عهد قريب أن هذه النتيجة غير وحيه ، على أن القارئ يتذكر أننا تناولنا المثل الانجليزى الذى يصف الشئ الخامد بأنه ”ميت موت مسمار الباب“ وأنا نعرف اليوم أن هناك نشاطا باطنا عظيما فى كل قطعة مما نسميه المادة الميتة . أليس ممكنا يومئذ أن تتكسر ذرات المادة ثانية وتكون صورا أخرى وتطلق فى النهاية تلك الكهارب الدائرة التى تتكون هى منها ؟ لا حاجة بنا الى التخمين فى أمر هذا الاحتمال ، فان لدينا دليلا ملموسا على أن هذا هو الحاصل فعلا فى عنصر الأورانيوم وغيره من العناصر الثقيلة ، بيد أن الموضوع من خطورة الشأن بحيث أفردنا لموضوع تهدم الذرة بابا قائما بذاته .

واذا قرأنا بين سطور الرسائل اللاسلكية التى تصل الى هذا الكوكب من العالم الخارجى تتصور الكون لا كآلة أدارها الخالق ثم سمح لها أن تجرى حتى تصل الى حالة السكون بل كمتغير أبدى من الكهارب الى العناصر البروتونية ثم الى الكهارب ثانية وهكذا .

نعم إن المقصود مما سبق أن يتضمن أحدث الآراء العلمية الخاصة بالكون، ولكن لا يغيب عن الفكر أن هناك مقادارا كثيرا مما يسمى القراءة بين السطور، وبعبارة أخرى من التفكير التخمينى . قد تقرأ اذ تقرأ خطا با وديا على الوجه الصحيح أحيانا كما قد تقرأه على وجه مخطئ . فلأجيال المقبلة اذن أن يحكموا أى مدى من قراءتنا بين السطور كان فى السبيل الحق .

ليس هناك أدنى شك فى أن كثيرا من النظريات التى نقول بها اليوم ستخلى مكانها من الأفئدة لما هو أجد . سيضاف كثير من

النظريات الحديثة الى معلوماتنا من وقت لآخر، والواجب علينا ادراك أن آراءنا الحالية وقتية بحتة ، وأنها خير ما عَنَ لنا بقدر ما أمكننا أن نقرأ من أسرار الطبيعة .

ولا بد لنا قبل أن نترك موضوع المرقب الطيفي أن نذكر أن هناك نوعا آخر من الرسائل اللاسلكية يصلنا من الكواكب السحيقة ، رسائل تلذنا ملاحظتها . أحيانا عند فحص أطياف الكواكب يحدث تغير طفيف في الخطوط . ذلك بأن الخطوط الطيفية لا تكون في مواقعها العادية من الطيف . في بعض الأحوال تنزاح الخطوط قليلا مرتقية في السلم صوب الطرف فوق البنفسجي ، وفي البعض الآخر تنزاح نازلة في السلم قليلا عن الموضع الذي تشغله الخطوط عادة . وظاهر أن سرعة الاهتزاز في الحالة الأولى قد زادت وفي الحالة الثانية نقصت . والتفسير الوحيد الوحيد لهذه الرسائل هو أن الكوكب في حالة لفحه الأولى كان متحركا صوب الناظر وفي الثانية كان مبتعدا . وعندنا لهذه الظاهرة مثل في حياتنا اليومية ، وهو قياس تمثيل شائع في علم الطبيعة وهو كما يلي :

يلاحظ الانسان في بعض الأحيان أن درجة صوت صفارة القاطرة تتغير عند ما يقرب قطار الاكسبريس منا أو يبتعد ، حتى ليظن الانسان أن في القاطرة صفارتين اذا هو لم يعلم أن الصفارة لم تكن مخرجة إلا نغمة واحدة محدودة . سبب هذه الزيادة والنقصان في درجة الصوت ليس بعيد المنال . فالصفارة تبعث اهتزازات هوائية من سرعة معينة ؛ ولكن عند ما يندفع القطار مقتربا منا تصل هذه الاهتزازات متدركة واحدة بعد أخرى أسرع مما يكون الحال عليه والقاطرة واقفة في مكان واحد . ولذلك نسمع نغمة أعلى قليلا . تصور

الصفارة مرسلّة في الجوّ عدداً محدوداً من الضربات في كل ثانية من الوقت . عندئذ تخيل أن موجة الصوت الأول التي بعثتها الصفارة سائرة نحونا ولكن القاطرة تندفع الى الأمام عند ما تعطى الضربة الثانية ، وفي هذه الحالة تكون القاطرة قد تابعت الصوت الأول الى مدى قريب جداً قبل أن تعطى القاطرة ضربتها ، أى صفرتها الثانية، وبذلك أصبحت أمواج الهواء يتبع بعضها بعضاً على مدى أقرب مما يكون لو أن الأمر كان على غير ذلك ، وترد في تعاقب أسرع منه لو أن القاطرة بقيت في مكانها حيناً أعطت الضربات . وورود هزات أكثر عدداً في الثانية معناه علو في الدرجة الصوتية (Pitch) . ونقيض ذلك ، أى أنه اذا كانت القاطرة مندفعة في ابتعاد عنا تكون الهزات أى الأمواج الصوتية أبعد قليلاً بعضها من بعض إذ تبعد القاطرة عند كل ضربة . وورود هزات أقل في الثانية معناه انخفاض في الدرجة الصوتية .

بمساعدة هذا المثل التشبيهي يمكننا أن نقرأ ونفهم معنى الطيف المتغير قليلاً فاذا وجدنا أن الخطوط الطيفية قد تحركت الى أعلى صوب الطرف البنفسجي من الطيف فلا يكون ثمة تردد في القول بأن زيادة "الدرجة" ناشئة عن أن الكوكب الذي أعطى الأمواج الأثرية مندفع نحونا . ونقيض ذلك اذا وجدنا أن مواضع الخطوط أقرب الى الطرف الأحمر من الطيف منها وهى في الحالة العادية نحكم أن الكوكب متنع عنا . ويمكننا اذا قسنا بالدقة التامة مقادير زوغان الخطوط الطيفية عن مواقعها الأصلية أن نحسب سرعة حركة الكوكب . بهذه الطريقة نعرف أن الشعرى اليمانية (Sirius) تقترب منا بسرعة تزيد عن تسعة أميال في الثانية ، ومن حسن الحظ أن أمامها شوطاً كبيراً عليها قطعه قبل أن تصل إلينا ولكن كوكبنا لن يكون في الكون ليشهد يوم بلوغها نهاية الشوط . وبعض

الكواكب سرعته أكثر من هذا بكثير في خط النظر. وبالطريقة عينها يخبرنا المرقب الطيفي أن العتوق (Capella) منصرف عنا بسرعة قدرها خمسة عشر ميلا في الثانية في حين أن غيره يتعد بمثل سرعة السابق. وليس هناك تقدير تقريبي أو عمل تخميني فيما يختص بهذه السرعة؛ فإن الآلات والطرق الحديثة تمكن الإنسان من أن يعرف السرعة الحقيقية بدقة لا يحتمل فيها الخطأ إلا بما هو دون نصف ميل في الثانية حتى فيما يختص بأبعد الكواكب وأصغرها .

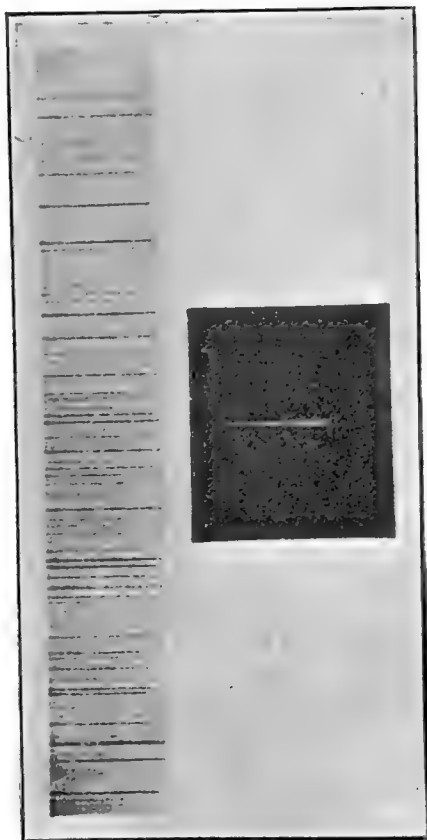
لا شك عندنا في أن هذه الرسائل اللاسلكية الواردة الى المرقب من أى مصدر ممكن إنما أرسلتها الكهارب الدائرة ، والواقع أنه يمكننا أن نثبت هذه الحقيقة في المعمل بسهولة . ظل جمهور الناس لا يلتفت إلا قليلا لهذا الرأى في تعليل حدوث الأمواج الأثيرية ، عند ما كان مجرد نظرية قائمة على تقديرات رياضية . في سنة ١٨٨١ تقريبا ارتأى الأستاذ ه . أ . لورنتز الاستردامى (H.A.Lorentz, of Amsterdam) نظرية أن الأمواج الأثيرية الضوئية تنشأ بواسطة كريات دقيقة مشحونة تدور حول ذرات . لقد كانت هذه نظرية وجيهة جدا ولكن لم يتيسر يومئذ تقديم برهان تجريبي لتعزيزها ولكن في سنة ١٨٩٧ أثبت الأستاذ زيمان الليدنى (Prof. Zeeman, of Leyden) بالتجربة في المعمل أن هذه الجسيمات الدائرة موجودة فعلا وأنه لا شك في أنها تحدث الأمواج الأثيرية الضوئية. أما برهان زيمان التجريبي العظيم الأهمية فهو كما يلي :

عرفنا أن أى تغير في سرع الكهارب الدائرة يغير الأطوال الموجية للأمواج الأثيرية التي تحدثها هذه الكهارب . ولكن أنى لنا أن نؤثر مباشرة في هذه الكهارب حتى نعملها على أحداث تغير في السرعة ؟ المعلوم لنا أن الكهارب التي تكون

في حركة مطردة تكون تيارا كهربائيا ، والمعلوم لنا أيضا أن التيارات الكهربائية خاضعة لتأثير المجال المغناطيسى . هذه المقدمات وأمثالها ساعدت علماء الطبيعة على فحص تأثير مجال مغناطيسى قوى في جسم يشع أمواجاً أثرية ضوئية . وقد كان يظن في بادئ الأمر أنه إن كان هناك تأثير فلا بد أن يكون من القلة بحيث لا يمكن إدراكه ، ولكن جاء المرقب الطيفي وذللك الصعوبة . وقد رأينا كيف أنه يستطيع أن يستكشف الاختلافات الصغيرة جدا التى تحدث فى الأطوال الموجية فى الأثير .

وضع الأستاذ زيمان لهب صوديوم بين قطبي مغناطيس قوى جدا وهياً مرقبه الطيفي بحيث يستطيع أن يفحص الضوء الذى يخرج من اللهب . عند ما اعدّ الجهاز تماما وجد خطوط الصوديوم المعروفة ، ثم أطلق التيار على المغناطيس الكهربائى فوجد أن كل خط من تلك الخطوط قد انشق خطين متوازيين (أنظر الرسم السابق) وكلما أبعد المجال المغناطيسى عن اللهب ظهرت الخطوط الطيفية مفردة كعندها الأول ، فإذا أحدث هذه الظاهرة العجيبة ؟

جلى أن بعض الأمواج الأثرية قد اختزلت سرعتها ، ولذلك أخذت موضعاً أدنى قليلاً فى لوحة الطيف ، فى حين أن غيرها قد زادت سرعتها وأخذت خطاطيفاً أعلى قليلاً فى السلم ، وبذلك أحدثت خطين متميزين بدلاً من خط فرد . دل هذا على أن سرعة بعض الكهارب قد نقصت وأن سرعة غيرها قد زادت . وهذا ما يجب أن نتظره بالضبط . لا بد أن يكون فى حشد الذرات العظيم ، فى لهب الصوديوم ، كهارب تقع مداراتها فى جميع أنواع المستويات حتى لو رآها انسان لوجد أن الكهارب تدور فى جميع



(١) الخطوط المظلمة في المرقب العائلي .

(٢) تأثير يمان .

الصورة العليا جزء من صورة فوتوغرافية للطف الشمسي . وقد فسرنا معنى الخطوط المظلمة التي ترى في الصورة ٤ في صفحة ١٩٩
الصورة السفلى صورة مزدوجة . في بادئ الأمر صور خط طين واحد من الصوديوم . ثم أطلق مجال منطاطيسى قوى على ملب الصوديوم وأخذت
الصورة الثانية فينت قسم . الخط متشوقا خطين — أنظر صفحة ٢١١

الاتجاهات ، وأن التي تكون منها ذاهبة في اتجاه واحد تزداد سرعتها بتأثير المجال المغناطيسى والتي تكون ذاهبة في الاتجاه المضاد تنقص سرعتها ؛ ومن ثم يحدث التغير في الخطوط الطيفية .

وهناك نقط كثيرة هامة متصلة بالتأثير الذى استنبطه زيمان ولكلها قد ذكرنا ما فيه الكفاية للتأدية الى الغرض المقصود . فنحن نرى أن هناك برهانا تجريديا مباشرا على أن الضوء مسبب عن كهارب دائرة . وهى إحدى التجارب الرائعة جدا التى أسعدنى الحظ برؤيتها . نعم إنها غير معقدة ولا مسهبة بيد أنها تحتاج الى أفضل الأجهزة الحديثة . ولقد حاول غير واحد من المجرىين أن يرى هذا الأثر ولكنه لم يوفق بل لقد حاولها زيمان نفسه فأخفق . ولكنه نجح فى سنة ١٨٩٧ بمساعدة جهاز أدق وأكمل ، وبإذ الانسان أن يراقب خطوط لمب الصوديوم المرقية حينما يطلق رقيق تيار الكهرباء على المغناطيس الكهربائى الكبير . عندئذ يرى الانسان تلك الخطوط وقد ازدوجت على الفور، وعودتها الى الانفراد تدل على انسحاب المجال المغناطيسى .

إنها تجربة عجيبة رائعة بها نسيطر مباشرة على تلك الكهارب التى لانهاية لصغرها ، والتي تدور حول ذرات الصوديوم غير المنظورة . بها نعمل فى أشياء أبعد من مجال أقوى المجاهر ، ومع ذلك فاننا نستطيع أن نقرأ ونفهم ما يحدث وذلك بتدوين الأمواج الحادثة فى الأثير والمحالة بواسطة المرقب الطيفى .

الباب السادس عشر

عمر الأرض

انتفاء قاعدة مطردة بين الأجرام السماوية — تمثيل بحشرة — آراء الصبا عن
عمر الأرض — الانسان واحد منذ آلاف من السنين — كتاب الجيولوجيين
في التاريخ القديم — لورد كلفن وتقديره سن الأرض — هل للرايوم دخل في بقاء
درجة حرارة الأرض ؟ — مولد القمر — تكوين البحار العظيمة — حساب عمر
البحار العظيمة — مولد المجموعة الشمسية — هل الكهارب خالدة ؟ — قول رائع
لورد كلفن .

تلك الرسائل اللاسلكية التي يتسلمها المرقب الطيفي من العالم
الخارجي والتي كما بصدها في الباب السابق لا تحمل البنا شيئاً مباشراً
من العلم عن عمر الكون . ولا يخلق بنا أن نقارن أعمار الكواكب
استناداً الى درجات حرارتها اذ يكون هذا من الخطأ بقدر استناد
الانسان في تقدير سن بني الانسان الى نسبة أطوالهم بعضهم الى
بعض . نعم إن الانسان في أثناء انتقاله من الطفولة الى الرجولة
يزداد طولاً ولكن الشاب الذي يبلغ طوله خمسة أقدام لا يتحتم
أن يكون أسن من آخر طوله أربعة أقدام فقط . ومع ذلك فانه
عند ما يطلب الى الانسان أن يقدر بالحدس سن طفل ما أو على
الأخص عند ما يطلب اليه أن يقول عن طفلين أيهما أكبر ،
يعتمد عادة الى حد بعيد على عامل الطول . ونحن وان كنا نهمل
في اعتبارنا جميع مناحي الرأي بوجود قانون مطرد ، نرتاح الى
اجراء مقارنة عامة بين الكواكب عمادها درجات حرارتها .

ولكن الكواكب لا تزال كما هي منذ عمل الانسان عنها
ملاحظات مقطوعاً بها ، اذ لم ير أحد كوكباً يتغير من حال الى حال .
تصوّر حشرة ما ، حياتها كلها يوم واحد ، مرزوقة ذكاء وفكراً .
اذا نظرت هذه الحشرة الى جنس الانسان تجد مخلوقات حية من
أحجام مختلفة ، ولعالمها تستنتج أن المخلوقات الصغيرة قد نمت بالتدريج

حتى أصبحت مخلوقات أكبر حجما . ترى حدا أدنى وحدا أقصى ولكنها لا تستطيع أن ترى أى تغير فعلى حادنا أثناء عمرها القصير المدى ، ولذلك لا يمكنها أن تكون رأيا ما عن السرعة التى ينبو بها جنس الانسان . وكذلك نحن فاننا لا نستطيع أن نكون رأيا ما عن سن الكون بالملاحظة المباشرة .

على أن الانسان نزيل كوكب يعتقد أنه قد مرّ في جميع الأحوال التى يراها في الكواكب . ولذا فان خطته الطبيعية هى أن يفحص الانسان باطن كوكبه ويحاول أن يقرأ تاريخه بواسطة علم الجيولوجيا .

يجوز أن يكون فينا من يتذكر ما كان له من الآراء في الطفولة عن سن الأرض . أتذكر وأنا صبي انى نظرت الى التاريخ المسطور على أول صفحة من سفر التكوين (٤٠٠٤ ق م) وحسبت . فوجدت أن سن الأرض يبلغ لذلك ستة آلاف سنة . بالطبع كان رأينا في صبانا عن الخلق أنه استغرق سبعة أيام في كل منهما أربع وعشرون ساعة متها يوم الراحة . وأتذكر اليوم بجلاء كيف . أننى حاولت أن أتين معنى هذه الآلاف الستة . فكرت في المثل التشبهي الذى استعملته ، وأنا في الكنيسة : تصوّرت عشرين امرأة طاعنات في السن يشغلن مقعدا في الصف الأول . وكان سن كل امرأة منهن مائة سنة تماما . وظاهر أنه اذا كانت هذه النسوة العشرون المتخيلات قد ظهرن على هذا الكوكب بالتتابع ، تظهر الثانية عند ما تموت الأولى وهكذا ، فانهن يكون حلقة اتصال كاملة بين عهد المسيح واليوم الحاضر ، وبعبارة أخرى تكون المرأة الأولى قد وجدت منذ ألفى سنة تقريبا . وكان على اذ ذاك أن أتصوّر ثلاثة مقاعد مستطيلة مشابهة للأول لأصل

الى مبدأ الخليفة . لقد لاح الأمر لى اذ ذاك معقولا جدا وحقيقيا وأصبح سن الأرض المتخيل مدركا بذلك جدا . إن صبي اليوم لا يمكن أن تأتى له هذه الأفكار الا فى وقت مبكر جدا . ولكن راعتنى حادثة وقعت منذ عهد قريب ، فقد كنت مارا فى مقبرة ومعى رفيق فى سن السابعة ، واذا به يحذبنى الى شاهد قبر يلوح عليه القدم ، واضح عليه لقب ” آدم “ فسألتنى الطفل منكرا فى استفهامه قال : ليس هذا قبر آدم الذى ذكره الكتاب المقدس ، أم أنه هو ؟ إن عقل الصبي فى هذه الأيام يأخذ فى البحث على عجل ليعرف حقيقة سن الدنيا .

لا يأمل الانسان أن يحفر الى عمق بعيد فى باطن الأرض ولكن هناك شقوقا جبلية عظيمة فى أجزاء مختلفة من الدنيا ، وفى هذه نرى مختلف طبقات الرواسب . بهذه الطريقة استطاع الانسان أن يقرأ صفحات تاريخ الأرض فى عهدها القديم .

من أعمال الحفر التى جرت فى مصر نرى أنه قد وجد منذ أربعة آلاف سنة على الأقل رجال ونساء مماثلون لنا جدا . ويتبين الانسان من واقعة صغيرة حديثة العهد بالظهور فى احدى عمليات الحفر الحديثة كيف أن شباب ألوف مضت من السنين يماثل شباب اليوم تماما . سمعت أحد أفراد الجماعة الذين تولوا الحفر يقول انهم وجدوا على احد الجدران جملة منقوشة ، ترجمتها ” حولىتى ؛ جولية “ ، حننير صغير . ولا بد أن كلمة حننير كانت من ألفاظ التلميح والاعزاز فى تلك الأيام . وأتذكر حادثة أخرى عن نفس السند السابق : نقشا مؤثرا وجد على شاهد قبر أقامه زوج ذكرى لزوجته المتوفاه ، ترجمته : ” لم يكن لها من ذنب سوى أنها تركتني “ .

فنحن نرى والحالة هذه ان الانسان لم يتغير في الحقيقة في مدى أربعة آلاف سنة الا قليلا جدا . بل الواقع أن الوقت اللازم لترقي الانسان من طور الكائنات العضوية الحية البسيطة الى طور الانسان لا يمكن أن يقدر بألاف السنين . فلا يدهشنا على هذا الاعتبار أن نعلم أن المأسوف عليه لورد كلفن قدر عمر الأرض باعتبارها كوكبا قابلا لسكن الانسان فيه بعشرين مليونا من السنين . وقد بنى تقديره على حالة الأرض الطبيعية أى على حرارتها الباطنية . فقدر أن الأرض قد استغرقت عشرين مليونا من السنين لتبرد كرتها المنصهرة وتصل الى درجة حرارتها العادية .

منذ استكشاف عنصر الراديوم (Radium) الذى لا يفتأ يبعث حرارة ، ارتأى بعضهم امكان ان مثل هذه المواد ذات القوة الاشعاعية تساعد على حفظ حرارة الأرض مدة أطول مما ينتظر لو لم تكن هذه المواد موجودة . وكذلك ارتأوا في أمر الشمس وحياتها . وجلى أن لورد كلفن لم يقم لهذه المزامم وزنا . ففي خطاب كتبه في سنة ١٩٠٦ ونشر بعد ذلك التاريخ في جريدة (British Weekly) أبدى ما يعتقدون أنه آثر رأى له في الموضوع . قال عن الأرض والشمس "يكاد يبدو بعيد الاحتمال الى درجة لا نهاية لها أن الراديوم يضيف شيئا ما تقريبا الى طاقتها لاطلاق الحرارة والضوء" ومع ذلك فلا يفوتنا أن نذكر أن من رجال العلوم المبرزين جدا في الوقت الحاضر من يرى ذلك الزعم وجيها سائغا .

قد يقدر أحد الهواة عمر حصان تام النمو بمظهره أو بنشاطه ولكن الخبير يستطيع أن يعرف ذلك من أسنانه الى سن محدودة . ويمكننا أن نعد عمر شجرة مما تستعمل عليه من الحلقات ، وسن

بعض الأسماك من علامات توجد على قشورها . وهناك طرق شتى لتقدير سن كوكب الأرض . ولكن ربما ساعدنا قبل المضي في بحث هذه الطرق أن نورد شيئا اجماليا من آراء العلم الحديثة فيما يختص بنشوء هذا الكوكب وترقبه من حالة كونه كرة منصهرة الى حالته الحاضرة . في سالف العهد يوم كان هذا السيار كتلة منصهرة كانت الكتلة تدور حول محورها بسرعة عظيمة وكانت محوطة بجو كثيف من بخار الماء وتتحيل الفعل المبدى للشمس محدثا أمواجاً مذبذبة في الغلاف الخارجى من هذه الكرة المنصهرة . ولقد ارتفعت موجة عظيمة الى علو بالغ جدا حتى انقطعت عن الجسم الأصيل ، وبهذه الطريقة ولد القمر . وفي تقدير سير جورج داروين (Sir George Darwin) أن هذا حدث منذ ستة وخمسين مليون سنة .

وإذ بردت الأرض أصبح بخار الماء سائلا وتكونت المحيطات في فجوات سطح الأرض اذ أصبح السطح غير منتظم بتأثير الضغط العظيم الحادث عليه من الجوامد المائى الذى يحتمل أنه بلغ يومئذ خمسة آلاف باوند على كل بوصة مربعة . وتبرد مياه المحيطات الغالية وتكون ركام رواسب . هذه الرواسب في قشرة الأرض هي بمثابة المواد التى يتألف منها كتاب ” الجيولوجى فى التاريخ القديم “ . راع الجيولوجيين فى أول الأمر عظم الزمن اللازم لتكون هذه الرواسب المتراكمة حتى أعلنوا أن عمر الأرض لا يمكن أن يعد الا بالآزال والدهور الخالدة . ولا يقنع بعض جيولوجى اليوم دون ألوف الملايين من السنين تقديرا للدة التى قضتها الأرض لتجمد وتصبح فى الحالة التى هى عليها اليوم .

ومما يلذ الانسان أن يعرف احدى الطرق المستعملة لتقدير الوقت الذى مضى على تكون البحار على سطح الأرض . كانت البحار بعد اذ تكونت من جو الماء الغازى ، مياهها فى أول الأمر

عذبة ولم تصبح ملحا الا تدريجا بما نقلت اليها الأنهار من أملاح الصوديوم . وقد قدر الأستاذ جولى الدبلنى (Joly, of Dublin) مبلغ الصوديوم الذى تحتويه مياه البحار وكذا مقادير ما تحمله الأنهار اليها كل عام فوجد أن ما تحمله الأنهار يبلغ مائة وستين مليونا من أطنان الصوديوم سنويا وأن مبلغ ما فى البحار من هذا العنصر أكبر من هذا القدر بتسعين مليون مرة على الأقل ، ولذلك يرى الأستاذ جولى ان البحار قد استغرقت تسعين مليون سنة حتى بلغت درجتها الحالية من الملوحة .

ويلاحظ القارئ أن تقدير الأستاذ جولى يزيد بعشرين مليون سنة عن الحد الأدنى الذى قدره لورد كلفن ولكن لورد كلفن كان قد قدر تلك المدة يوما ما بأربعمائة مليون سنة على أنه فى النهاية مال أخيرا الى رقمه الأدنى . ويقع تقدير سير جورج داروين عن سن القمر بين الحد الأدنى لتقدير لورد كلفن وتقدير الأستاذ جولى . ومن ثم نرى أن أساطين هذا العلم فى زماننا هذا غير متفقين بحال ما فى تقدير الزمن الذى استغرقة كوكب أرضنا حتى أصبح جسما صلبا ولكنهم يجمعون على كل حال على أن هذا الزمان لا يقاس إلا بالملايين من السنين . واذا سلمنا بأنه كان من الضروري أن تمضى بضعة ملايين من السنين لتهدئ حرارة الأرض من مقام ٥٠٠٠ درجة فما ذا نقول عن الزمن الذى استغرقة لتتزل من مقام ٣٠٠٠٠ درجة يوم كانت كوكبا من أحر الكواكب فى الكون ؟

الجلى شئ واحد ، وهو أن لهذا السيار بداية فلا بد أن تكون له نهاية . نحن نفكر فى الأرض على اعتبار أن لها حياة محدودة من الوقت الذى شردت فيه هى وسائر أعضاء المجموعة الشمسية من السديم العظيم الذى كان يشغل فى الأصل حيز المجموعة الشمسية جميعها . ويمكننا أن ندرك أن جميع الأجرام السماوية كانت لها

بداية وأنه لا بد لها من نهاية ، وأن ذرات المادة نفسها هي أيضا كانت ذات بداية وأنه لا بد لها من نهاية . ولكن ما ذا يكون من أمر الكهارب التي تتألف منها الذرات : أهى خالدة ولا تتغير ؟ ألا يجوز أن تكون الكهارب نفسها ذات تراكيب معقدة كالذرات ؟ قد تدخل نظرية مندليف عن جسيمات الأثير في هذا الصدد ، إذ يتصور الكهارب مجاميع من جسيمات أميرية دائرة . لا عجب أن يصيب الانسان الدوار بين الغير المنتهية في العظم من أشياء الكون المعروف وبين الغير المنتهية في الصغر من أشياء الطبيعة . نحن لا نشك في ارتقاء الانسان وان كنا نميل الى تعديل نظرية داروين في هذا الصدد . وكذلك يجب علينا أن نقبل نظرية ارتقاء المادة ؟ ليس الفاصل القديم بين الأجسام الحية والمادة غير الحية من السعة اليوم كما كان من قبل . فقد يكون الفرق بينهما كما بين جسم مكهرب وآخر غير مكهرب ، ولكننا نعتقد أن الحياة شئ مستقل عن المادة والطاقة إذ في الجسم الحى شئ ذير موجود في الجسم الميت .

والتسليم بالارتقاء لا يترتب عليه أن نغنى أن جميع الأشياء هي كما نراها اليوم بفضل قوة عمياء غير حية ، وقد قال لورد كلفن في هذا الصدد جملة رائعة جدا في خطبة ألقاها منذ بضع سنين . قال "يتعذر على الانسان أن يتصور بداية الحياة أو استمرارها دون أن تكون هناك قوة خالقة مسيطرة ، وانى لأعتقد من صميم نفسى أنهم في أبحاثهم الفلسفية عن الحيوان قد أغضوا الطرف إغضاء عظيمًا مفرطًا عما في نظام هذا الكون من حجة دامغة . فان لدينا فيما حولنا براهين قوية قاطعة على وجود نظام مدبر وخير ، براهين تدلنا بواسطة الطبيعة على ما فيها من أثر ارادة حرة وتعللنا أن جميع الأشياء الحية تعتمد على خالق وحاكم واحد أحد أبدى" .

الباب السابع عشر

من أين جاءت الحياة ؟

دورة الحياة - اشاعة بحية - حياة خامدة لمدة ثلاثين سنة - لورد كلفن ورأيه
في أصل الحياة على هذا الكوكب - فكرة مخطئة - الاستكشاف العظيم لباستور - بدأت
الحياة في البحر - تركيب جميع الأشياء الحية - ماهو البروتوبلازم - هل يمكن أن
تنشأ الحياة بالمثل في المعمل ؟ .

لا يكون كتاب عنوانه عنوان كتابنا كاملا دون أن يتضمن شيئا
من الآراء العلمية الحديثة الخاصة بأصل الحياة .

اتخيل بعض أهل المدرسة القديمة غير راضين عن أن يوضع
سؤال "من أين جاءت الحياة" موضع البحث بتاتا ، فهم يرون أنه
يكفى في الاجابة على هذا السؤال أن يقال إن الخالق خلق الانسان
والأحياء جميعها . ولكن من الطبيعي ونحن نعتقد كما رأينا في الباب
السابق في حدوث ارتقاء من الكهارب الى الذرات ومن نوع الى
نوع في الذرات ، ومن الذرات البسيطة الى الجزيئات المركبة ،
وفي النهاية الى مادة حية بطريقة غامضة ، أن يتساءل الانسان
ويبحث في أصل الحياة - إن رجل العلم حقا لا يميل الى أن يخلى
الكون من خالقه وانما يشتهي أن يرى الطريقة التي يجعل الخالق
بها الطبيعة تنفذ خطته .

لو قال أحد رجال العلم اليوم إن الشمس منشئة الحياة لعد متفهمقا
وهذا نعم صحيح . جلي لكل انسان ان الشمس ضرورية
ضرورة لازمة لبقاء الحياة على هذه الأرض ، ولكن هذه مسألة
أخرى بتاتا .

لم يفت أضعف الناس ملاحظة أن يتنبه في بعض الأيام الى ما قد نسميه "دورة الحياة" فاننا اذا ابتدأنا بحبة القمح مثلاً، وقد القيت في التربة، نراها تنمو نباتاً وتحمل حبا يحفظ بعضه عند ما يحف ليزرع في الأرض كرة أخرى وهكذا . يمكننا في هذا المقام أن نفرق بالقول بين الحياة النشيطة وغير النشيطة . ففي الحالة الأولى ينبغي أن يستمر النبات في التنفس وفي امتصاص الرطوبة والا فانه يموت ؛ أما في الحالة غير النشيطة فتستطيع الحبة الجافة أن تبقى كذلك بضع سنوات، ومع ذلك فانها لا تقصر عن التحول الى نبات حي عند ما تزرع في الترى .

منذ بضع سنوات ذاعت اشاعة عن بذرة وجدت في لفافات مومياء مصرية . ظلت البذرة في حالة غير نشيطة ألّوفا من السنين ، وروى يومئذ انه لما زرعت هذه البذرة القديمة أبدت مظاهر الحياة والنمو . على أن هذه الرواية قد نقضت بعد ذلك . والمعتقد أنه كان هناك وجه خطأ في القول بأن هذه البذرة بعينها قد أنبتت . يقول لك أى زارع إن بذور القمح من شأنها أن تنحط ، ولذلك فانه يؤثر زراعة بذرة عامه الماضي . بل لا شك في أن البذرة تفقد بعد عهد ما ما تشتمل عليه من الحياة .

وهناك حالة عجيبه ، مؤيدة محققة ، خاصة بجراثيم (Spores) البكتيريا أى بذورها ، هذه الجراثيم تسلك مسلكاً مشابهاً جداً بالحبوب الجافة ، فهي تبقى خامدة حتى توضع في وسط ملائم لنموها . وقد استبقى باستور (Pasteur) بعض الجراثيم ، وبعد ثلاثين سنة من بقائها على حالة نمرود ، وضعها في وسط ملائم فنمت وصارت بكتيريا .

وفي الديدان بعض أنواع صغيرة يمكن تجفيفها وحفظها مدة طويلة. في تلك الحالة الخاملة تحسبها ميتة ومع ذلك فإنها تصبح حية نشطة عند ما توضع في الماء .

بل إن بذور قمح العام الماضي تلوح فاقدة الحياة كقطعة من القش . فأين الفرق إذن؟ قد نخل الحبة الى جميع المواد العنصرية التي تكونها، ونرى خطة عجيبة في ترتيب هذه العناصر بحيث تكون على أهبة عند ما تدعوها حرارة الأرض ورطوبتها . نعلم كيف أن البذرة ما تزرع حتى تخرج أذرعاً تنزلها في الأرض لامتصاص الغذاء ، وأخرى في الهواء لتسلم منبهات أمواج الأثير الضوئية والحرارة الاشعاعية ، ولكننا قد نفحص حبة القمح الجافة بكل مالدينا من الوسائل العلمية ومع ذلك لا نجد بها جواباً لتساؤلنا عن مورد حياتها .

إذا سلمنا بأنه كانت عندنا حياة بشكل ما على هذا الكوكب زالت أهم أسباب الغموض ، إذ أنه من الجلي جداً أن الحياة تلد الحياة . وإذا صدق انه لا يمكن أن تكون حياة بدون حياة سابقة إذن فكيف نشأت الحياة على هذا الكوكب ؟ كان المرحوم لورد كلثف يعتقد أن الحياة في جميع الازمنة والأمكنة ترد من الحياة ولا شيء سواها . ففي خطاب ألقاه هذا المفكر العظيم على الجمعية البريطانية منذ خمسين سنة قال "قد تلوح النظرية الفرضية القائلة بأن الحياة نشأت على هذه الأرض من قطع طحلبية نامية من بقايا كوكب عالم الآخر، ضعفنا ووهما موحشاً، بيد أن الذي أراء من أمرها انها ليست غير علمية" .

لما وجد الناس في العهد القديم ديدانا حية على لحم متحلل طفروا فاستنتجوا ان حياة هذه الحشرة نشأت من تحلل اللحم . ولكن سرعان ما أثبتت تجارب بسيطة أن هذه الديدان نشأت

من بيض وضعه الذباب في اللحم . بل لقد أثبت باستور العالم
الذائع الصيت بمساعدة مجهر قوى ان التحلل نفسه مسبب عن
وجود كائنات عضوية حية نسميها ميكروبات أو بكتيريا . هذه
البكتيريا تتكاثر في الظروف الملائمة بسرعة بالغة، ولكنها مع ذلك
تجربى على سنة " أن الحياة تلد الحياة " . ولذلك فأننا إذا خفنا
انتقال مرض معد نعقم لبن طعامنا حتى يهلك جميع ما يكون به من
البكتيريا . وعند ما نستحضر لحما من مستعمراتنا القاصية نقاوم
بكتيريا التعفن بتليجها فلا يمكن أن تنشأ فيها ميكروبات . وعند
ما ينقل اللحم من قاعات التلوج لا يمكن أن تنشأ ميكروبات داخلها
ولكن الميكروبات ذاتها لا تكون قد قتلت ولذلك فإنها تستطيع
أن تغزوها وتصيبها من جديد .

وهلاميات اللحم أى مرققة منبت صالح جدا لتربية البكتيريا
ولكن اذا كانت هذه المواد تعقم تعقيا تاما وتقفل اقفالا محكما
فلا تظهر فيها البكتيريا مطلقا . وقد سمعنا منذ بضع سنين اشاعة
مؤداها أن الحياة نشأت في الهلام المعقم بتأثير الراديوم فيه، ولكن
كانت هذه الاشاعة أبعد مما ادعاه صاحب التجربة نفسه . أشير
بذلك الى ما عمله بتلر بورك Butler-Burke فانه لا يدعى لتجاربه
شيئا أكثر من أنها تهي حلقه اتصال بين المادة الحية والمادة غير الحية .

وهالك فكرة محدودة مؤداها أن الحياة نشأت في البحر . مؤكد
أن المكونات الأولية لماء البحر والهواء هي مثل ما في أجسامنا
وأشهرها الأكسجين والنيتروجين والكربون واليدروجين
والصوديوم . ومع أن هذا قد يدل على المكان الذى بدأت فيه الحياة
الا أنه لا يزال يقف بنا دون ادراك أصل الحياة . ومما يلذ أن
يلاحظ الانسان فى الاصحاح الأول من سفر التكوين آية نصها

”وقال الله لتفض المياه زحافات ذات نفس حية وليطر طير فوق الأرض وعلى وجه جلد السماء“ .

ولقد استكشف الانسان شيئا كثيرا عن طبيعة الحياة . فقد كشف المجهر حقيقة أن جميع الأشياء الحية متكونة من خلايا دقيقة جدا والانسان متكون من تريليونات كثيرة من تلك الخلايا ، بيد أنه توجد أشياء حية متكونة من خلية مفردة فقط . ولكن مم تتكون هذه الخلايا الحية ؟ إنها متكونة من مادة تسمى البروتوبلازما Protoplasm ومعناها المادة الأولية . هذه المادة معدومة البنية بتاتا وهي متكونة على الاخص من كربون وأوكسجين وايدروجين ونيروجين . وقد رأينا أن هذه المواد أهم مكونات أجسامنا . وقد تشبه ”البروتوبلازما“ وهي تكوّن الخلايا كالذرات اذ تكوّن الجزيئات ؟ عندنا أصناف من الجزيئات وعندنا أصناف من الخلايا . فانت ترى أن درس المادة الحية أينما سرنا ليس في الحقيقة الا درس الطبيعة الكيماوية .

أصبح شيء واحد جليا لنا من درس أبسط الكائنات ، ذلك أنها لا تتحرك وتفاعل الا بسبب مؤثرات خارجية ، أى أنها ترد فقط وهي تتأثر بالمواد الكيماوية في بيئتها أو بالاهتزازات في الهواء أو بالأمواج في الأثير المحيط . وتنطبق هذه الحقيقة على الانسان نفسه بيد أننا ركّام من الخلايا بالغ التعقد بحيث يصعب تتبع الأفعال الحادثة فيه .

وعلى كل حال فان ما يهمنا في الوقت الحاضر أنه يحذر بنا لتأثر أصل الحياة أن نقصر التفاتنا على البروتوبلازما اذ لا يمكن أن يوجد في المفكرين الصادقين من يشك في وضع ناموس الارتقاء .

من اتقياء المفكرين نفر قليل لا يرون من الحكمة الجمود على القول باستحالة توليد الحياة في المعمل . لنفرض لحظة اننا سنوفق لتحقيق هذا الأمر الذى يلوح مستحيلا . لن يكون الانسان في هذه الحالة خالقا ، بل انما يكون قد استكشف خطة الخالق العظيم . ألا أن استكشافك الطريقة التى تعمل بها آلة ما أمر يختلف كل الاختلاف عن صنع الآلة نفسها .

في الوقت الحاضر يضع الانسان مقادير معلومة من عناصر أولية مختلفة ويحييها فيكون جزيئات معقدة ، بيد أنه لم يخلق هذه المواد . الخلق معناه الایجاد من العدم . فاذا استطاع الكيماوى أو البيولوجى أن يوجد البروتوبلازما صناعة فلن تترزع عقائدنا الدينية بحال من الأحوال .

الباب الثامن عشر

آراء أخرى عن الكهرب

علاقة حقيقة بين بقع الشمس والفجر والزوايا المغناطيسية — الحلقة الرابعة —
 لماذا ترى أصناف الفجر صوب قطبي الأرض — كيف تأتى ان أصبحت الأرض
 ذات شحنة سالبة — الكهرباء الجوية — البرق — ما يجعل الأرض مغناطيسا —
 الزوايا المغناطيسية — كيف يشع السديم البارد ضوءا — لماذا لا تريد شحنة الأرض
 الكهربائية ؟ .

من المدهش أن كلف الشمس ، على ظهوره للعين حفرا
 مظلمة في جو الشمس ، هو في الحقيقة لامع لمعان الضوء الصادر
 عن فانوس ضوء الجير . فان ضوء الجير في صدوره عن الفانوس
 يكون من التالى بحيث لا نطبق النظر اليه مباشرة ولا يمكننا أن
 ننظر الى الشمس الا خلال زجاجة مسودة . واذا وضع ضوء الجير
 امام الشمس ونظر هذا وتلك معا خلال زجاجة مسودة لاح الضوء
 الجيرى كأنما هو بقعة مسودة .

ويختلف عدد البقع التى على الشمس من وقت لوقت والملاحظ
 أنه قد تمر عدة أسابيع لا ترى فيها على وجه الشمس بقع ما ، ولها
 حد أقصى في وقت تكون فيه البقع أكثر منها في أى وقت آخر .
 وتبلغ الفترة بين عهدين حدوث حدين أقصيين احدى عشرة سنة
 تقريبا . فقد كان يقال لنا منذ مدة بعيدة إن هذه الاختلافات
 الحادثة في بقع الشمس تؤثر في الحالة المغناطيسية لأرضنا ، وكذلك
 يختلف عدد تلك الأنواع الجميلة التى ترى من الشفق في السماء

باختلاف عدد البقع التي على الشمس . بل لقد حاول بعضهم أن يثبت أن هناك علاقة حقيقية بين الاحدى عشرة سنة المترددة بين كل حدين أقصيين لبقع الشمس ، وبين تراوح أثمان الغلال في الأسواق . وعلى كل حال فسنكتفى من العبارتين بأولاهما نتناولها ونبحثها :

أثبتت الملاحظات بوضوح أن أنواع الشفق والاضطرابات المغناطيسية تبلغ حدها الأقصى في كثرة العدد عند ما تكون بقع الشمس عند حدها الأقصى في العدد، وعند ما يحدث أى اضطراب استثنائى على الشمس تحدث تأثيرات مقابلة لها على هذه الأرض بمشاهد من الشفق الزاهى والزواج المغناطيسية الشديدة ، وتكون هذه الزواج مصادر تعب كثير يعترى أعمال الآلات التلغرافية .

والذى يهمننا فى الوقت الحاضر هو أن نرى أين محل العلاقة بين بقع الشمس وتلك الظواهر التى تبدو على كوكب الأرض . هنا تجلّى الكهرب الكريم علينا بفضلہ ، اذا صح لنا أن نقول هذا عما لا يرى . الشمس ككل الأجسام الوهاجة تسمح للكهارب بالانطلاق منها ، وانحلال الشمس من العظم بحيث نستطيع أن نتصور تيارات متواصلة من الكهارب منطلقة فى الفراغ المحيط ، وتبلغ هذه التيارات أقصاها عند ما تكون هناك انفجارات عظيمة خلال بقع شمسية كبيرة . ولذلك تخيل حدوث تيار مهبطى (قطبي) هائل من الكهارب صادر من الشمس . نتذكر أن أشعة المهبط (الكاثودية) غير مرئية ولكنا نعرف أنها عند ما تمر فى الهواء المخلخل فيما يسمى بالأنبوبة الفراغية يحدث وهج جميل فى الأنبوبة ، فحق لنا أن نتظر والحالة هذه أن تحمل ذلك التيار المهبطى العظيم الصادر من الشمس طبقة الهواء العليا المخلخلة من

جوّ أرضنا على التوهج بالطريقة عينها ولكنا نتذكر أننا في المعمل قد حرفنا التيار المهبطى بواسطة مغناطيس. واذ أن الأرض مغناطيس كبير فانه لا يدهشنا أن نجد أن أشعة المهبط الشمسية تتحرف حتى لا تدخل جوّ المنطقة الحارة بل تهبط بالتدريج صوب قطبي الأرض . هذا هو السبب في حدوث الاشفاق باستمرار لدى القطبين ويسمى الشفق الذى يحدث صوب القطب الشمالى ”بالشفق الشمالى“ (Auroraborealis) وما يحدث صوب القطب الجنوبى ”بالشفق الجنوبى“ (Auroraaustralis) فأنت ترى أن الأرض كرة عظيمة تضربها الكهارب باستمرار وتعرف ان أى جسم به ركام أى زيادة من الكهارب يكون سالب الشحنة، ومن ثم يتأتى لنا حل لما لا بد أنه كان من المسائل المحيرة لكثير منا في صباه، فلقد كنا نعجب كيف حدث أن الأرض مكهربة كهربة سالبة. هذه الكرة العظيمة — الأرض — المشحونة بالكهربائية السالبة تعطينا معيارا صالحا جدا لتقدير الضغط الكهربائى كما يعطينا سطح البحر معيارا صالحا لتقدير الارتفاع والعمق باعتبار كوكب الأرض في درجة الصفر من حيث الضغط.

لنا أن نسبة الأرض بخزان عظيم من الكهارب. فاذا وضع جسم به نقص في الكهارب (جسم مكهرب كهربة موجبة) متصلا بالأرض ففى هذه الحالة يحدث جريان في الكهارب من الخزان الى الجسم المشار اليه حتى يحدث توازن في باطن ذراته بين الكهارب وكراتها المحيطة بها من الكهربائية الموجبة . ومن الجهة الأخرى اذا كان هناك جسم به مزيد من الكهارب (جسم مكهرب كهربة سالبة) ووضع متصلا بالأرض فان الجسم المشار اليه يفرغ من زيده من الكهارب الى الخزان العظيم حتى يحدث اتزان في باطن ذراته .

وإذا أخذنا الماء تشبيها للكهارب فانا نعلم أن الماء يفيض من الوعاء الذى يكون فوق مستوى البحر الى البحر نفسه و يفيض من البحر الى الوعاء الذى يكون تحت مستوى البحر .

ولكن بعض الناس قد يقول إن الكهارب التى تطلقها الشمس سترصدها الجو وهذا صحيح ، ثم إنها تحلل الهواء الى ايونات ، وبعبارة أخرى إنها تدعو الذرات الموجبة التكهرب والذرات السالبة التكهرب التى تتكون منها بعض غازات الجو الى فض ما بينها من الشحنة . وسنحاول أن نكوّن فى أذهاننا صورة نمثل بها ما يحدث فى الهواء المحلل الى أيونات : يتركز بخار الماء بسهولة أكثر على الذرات السالبة التكهرب ، ولذلك تتكون منه السحب ، وعندما تسقط هذه السحب نهائيا على صورة مطر فانها تنزل معها الكهارب التى تصيدتها تاركة الهواء الأعلى موجب التكهرب ، وفى هذا ايضاح معقول لحالة التكهرب التى نَجدها فى الجو .

ويمكننا بفضل هذه الحقائق نفسها أن نرى كيف تصبح السحب فى بعض الأوقات شديدة الانشعاع الكهربائى عندما يزيد فيها مقدار الكهارب حتى يحدث تفريغ مصحوب برق من سحابة الى أخرى أو بين احدى السحب والخزان الأعظم : الأرض .

وهناك سؤال قد يكون عرض لكثير من مفكرى القراء وهو : كيف أصبحت الأرض مغناطيسا ؟ لا يشك أحد فى أن الأرض مغناطيس ، فان تأثيرها فى الأبر المغناطيسية جلى واضح . قد يتعجل أحد فيقول ، اذ يعلم أنه توجد فى الأرض مغناطيسات طبيعية (حجر المغناطيس المعروف) إن وجود هذه يؤدى

الى صيرورة الأرض مغناطيسا ولكن اذا أمعن المتعجل في البحث تبين له أن هذا الاستنتاج غير وجيه ، اذ لا يوجد حجر المغناطيس الا في بقاع قليلة ، ومع ذلك فلا يكون بمقادير كبيرة مطلقا . واذا عرف المستفهم أن خطوط السكة الحديدية وغيرها من القضبان الحديدية اذا وضعت في مواضع معينة ترى ممغطة أحيانا بتأثير الأرض فانه لا يميل الى استنتاج أن حجر المغناطيس ليس الا بعض معادن حديدية ممغطة بالطريقة عينها . فكيف أصبحت الأرض اذن مغناطيسا ؟

حقا إن الأرض كرة عظيمة مشحونة كهربائيا وأنها على الدوام دائرة بسرعة عظيمة على محورها . وعندنا برهان تجريبي على أن كرة توجد في مثل هذه الأحوال تكون ذات مجال مغناطيسي ضعيف على سطحها . على أنه ثبت بالعمليات الحسابية أن ليس هذا الأمر سبب وجود مجال الأرض المغناطيسي . وأنه لا يعلل إلا جزءا طفيفا من مقدار القوة الموجودة . فالظاهر اذن أن العامل الأكبر في ذلك إنما هو التيارات الكهربائية الجارية في باطن قشرة الأرض . واذا سئلنا أى ظروف طبيعية تدعو الى حدوث حركة في الكهارب في باطن الأرض أتجه فكرنا من فوره الى اختلاف درجات الحرارة فيما له علاقة بالكهربائية الحرارية (Thermo—electricity) . ليس من الضروري أن يفكر الانسان في اتصال فلزين مختلفين وتعرضهما للحرارة قصد احداث تيار كهربى ، فانا نعلم أن أى اختلاف في درجة الحرارة في نفس الفلز يحدث تحركا في الكهارب . في طوقنا أن نقرر دون أن ندخل في الموضوع تفصيلا ، أن هناك أحوالا تعلق وجود تيار كهربائية حرارية في سطح الأرض . وفي نفس الوقت يحذر بنا أن نسلم بأن ليس عندنا برهان قاطع على صدق هذه النظرية وان كان في القول بوجود تيار كهربى في الأرض تعليل وجيه جدا لمغناطيسية الأرض .

وهناك مسألة واحدة أريد أن أوضحها بصدد ما سبق . اذا كانت مغناطيسية الأرض مسببة عن اختلاف درجات الحرارة في سطح الأرض كان من حق الانسان أن يحكم باختلاف المجال المغناطيسي أثناء النهار . والمعروف جدا أن هذا الاختلاف يحدث فعلا مبتدئا بحد أدنى في الصباح ثم يرتفع شيئا فشيئا حتى يبلغ حدا أقصى حيال الزوال ثم ينقص تدريجا حتى المساء ثم يبقى ثابتا أثناء الليل .

لا شك أن هذا التيار الكهربى الحادث في سطح الأرض من شأنه أن يتأثرتأثرا محسوسا بدنو أى تيارات استثنائية من الكهارب واردة من الشمس الى الأرض . وهنا محل العلاقة بين الزوايا المغناطيسية وانفجارات البقع الشمسية .

وقد فسر بعض العالمين رسائل لا سلكية معينة تلقاها المرقب الطينى من سدم عظيمة ^(١) فقالوا إن السدم المذكورة أجسام باردة ؛ على أن هذه الرسائل في الواقع لم يمكن فهمها . كيف يمكن الجسم البارد أن يعطى ضوءا .

نحن نشاهد الغاز المتخلخل البارد يتوهج في الأنوبة الفراغية المعروفة عندما تمر فيها تيارات من الكهارب ، وبما أن الشمس وجميع الكواكب ترسل تيارات الكهارب في جميع الاتجاهات في الفراغ المحيط فان بعض هذه الكهارب يستوقفه سديم غازى وفي هذه الحالة أيضا يخرجنا للكهرب من ورطة .

يخيل الى فى ختام هذا الباب أن فى القراء من يستشعر صعوبة من استمرار ضرب الأرض بالكهارب اذ يقول حقا إن هذا الاستمرار من شأنه أن يزيد تكهرب الأرض سلبيا . فما يلذ الانسان أن يعرف كيف لا يحدث هذا .

(١) هذه السدم نوع آخر غير السدم التى تناولناها فى باب سابق وقلنا إنها متكونة من نيازك .

نعلم أن الكهارب لا تنطلق الا من جسم مشحون سلبيا — كالأرض — الى جسم مشحون ايجابيا — كالشمس . وهذا عكس ما كنا نعالجه . ولكن كيف يمكن أن ترسل الكهارب من الجهتين ؟ يحصل هذا بقوتين مختلفتين فقط . تذهب الكهارب من الأرض الى الشمس بفعل الضغط الكهربائي و فرق الضغط بين هذين الجسمين يعادل بليون فولت ولكن الكهارب الواردة من الشمس الى الأرض لا تتحرك بفعل الضغط الكهربائي إنما تسير اليها كما رأينا في باب سابق بفعل الضغط الآلى للضوء . بهذه الطريقة يحدث التوازن ويستمر مرور الكهارب بينهما . وهكذا نرى الكهارب في النظام الشمسي تتحرك كأنما هي في رقص دائري .

الباب التاسع عشر

ما هي الأشعة السينية ؟

هل الأشعة السينية أمواج في الأثير - كيف استكشفت الأشعة السينية - كيف تستحدث - الفوتوغرافية الجديدة - ما ذا لفت العالم إليها ؟ - ما الذى لا يعد أشعة سينية ؟ - آراؤنا الحديثة عن طبيعتها .

أصبحنا على علم بالأمواج الأثيرية فنعرف أن بعضها يؤثر فى أبصارنا وبعضها يسخن أجسامنا وبعضها يؤثر فى مستقبل التلغراف اللاسلكى ، فى حين أن غيرها مما لا يؤثر فى أبصارنا يعمل فى المواد الكيماوية التى تصنع منها لوحة الفوتوغرافية العادية . كل هذه أمواج كهراطيسية فى الأثير . فهل تدرج الأشعة السينية فى هذا الفريق ؟ اذا كان الأمر كذلك أمكننا أن نعكسها أو نكسرهما ونقطبها كغيرها من أمواج الأثير كما رأينا . لقد ساد الاعتقاد فى وقت ما بأن الأشعة السينية لا يمكن أن يجرى عايتها شئ مما يجرى على الضوء حتى عكسها ، ومنشأ الصعوبة الحقيقى أنه لم يكن بين المشتغلين بصنع آلات الابصار من يأمل أن يحلوا سطحا ما بحيث يصبح من الملاسة بدرجة كافية لعكس أمواج قصيرة الطول . قصر هذه . على أنه توجد بعض سطوح طبيعية ، كما يوجد فى باطن البلورات ، من الملاسة المفرطة بحيث تستطيع أن تعكس الأشعة السينية التى ثبت الآن أنها ضوء .

مما يسهل الأمر علينا أن نتناول بالبحث طريقة انتاج الأشعة السينية ، ومما يلذنا أيضا أن نعلم كيف استكشفت .

لا حاجة بنا الى القول بأنها لم تخترع الا اذا قلنا عن الكهربية ذاتها كذلك . اذ الواقع أن الأشعة السينية كانت منطلقة من أنابيب فراغية مدى عشرين عاما قبل أن يتنبه الانسان لوجودها .

كان الأستاذ رونتينج (Rontgen) فى سنة ١٨٩٥ ككثير غيره من كبار علماء الطبيعة ، يجرى تجارب على الأنابيب الفراغية ، وكان قصده أن يتابع تجارب لينارد الذى استطاع أن يقتنى أثر أشعة المهبط خارج أنبوبة الفراغ . ولقد كان لدى الأستاذ رونتينج فى معمل الطبيعيات بجامعة ورزبورج (Wurzburg) فى بافاريا عدة صالحة من الأجهزة الحديثة والوسائل الجيدة لإحداث فراغات عالية الدرجة فى الأنابيب . وتسمى مثل هذه الأنابيب أحيانا ، أنابيب كروكس .

أحاط رونتينج بأنبوبة فراغية بدرع من ورق مقوى أسود اللون ، لمنع خروج أى ضوء من زجاج الأنبوبة المتألق تألقا فوسفوريا (Phosphorescing) . استعمل لينارد حائلا متفلورا (Flaroscent) ليقتنى أثر أشعة المهبط وكان يجوار رونتينج حائل مائل بذلك فى ذلك الوقت ، اذ كانت هذه الحوائل مستعملة منذ جيل فيما له علاقة بالضوء فوق البنفسجى (١) .

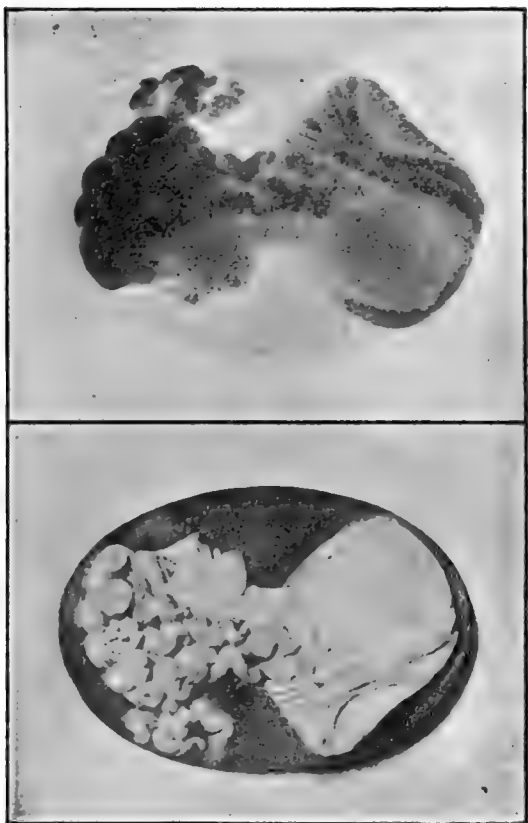
(١) من المواد ما يستمر فى إخراج الضوء بعد ابعاد القوة المثيرة . وتسمى هذه المواد فوسفورية التألق . ومنها مادة كبريتور انخارصين الذى يستعمل فى الأدهان المضئية ، ومن المواد ما لا يخرج ضوءا الا ما دام متعرضا للقوة المثيرة ، وتسمى هذه مواد متفلورة ، ومنها بلايتنوسيا فور الباريوم ، وكهارب هذه المادة تنعكس بفعل الأشعة فوق البنفسجية القصيرة غير المنظورة ، وكذلك بفعل الاشعة السينية . اذ أن البلورات الكيماوية الدقيقة التى تتركب منها هذه المادة لا تتألق الا ما دامت تلك الاشعة غير المنظورة واقعة عليها .

عند ما أمر الأستاذ روتنجن بتفريغ كهرباثيا خلال الأنبوبة المغطاة لاحظ أن حائله المتفلور ، وقد كان ملقى على المنضد ، قد أصبح مضيئا . وقد كان ظاهرا أن هذه الاضاءة لا يمكن أن تثيرها أية موجات فوق بنفسجية لأن الدرع الأسود المحيط بالأنبوبة كان معتما تماما للضوء فوق البنفسجي ، فان ضوء القوى نفسه ، وهو وافر الأشعة فوق البنفسجية يحجبه مثل ذلك الغطاء تماما . ولما سئل روتنجن بعد ذلك عما خطر بباله حين حصلت تلك المشاهدة قال :

”اننى لم أفكر يومئذ“ بل كنت ”أبحث“ ،

وقد وجد روتنجن أن تلك الأشعة الحديدية ذات قوة اختراق مدهشة . فقد لوحظ أن كثيرا من المواد المعتمدة للضوء — كالخشب والجلد . كانت شفافة بدرجة ما للأشعة الحديدية . كلما كان الجسم أكثر كثافة كانت مقاومته لمرور الضوء أكثر ، والشئ الواحد الذى استوجب التفات الجمهور أن هيكل عظم الانسان الحى تمكن رؤية صورته على الحائل المتفلور . ولما وجد روتنجن أنه قد استطاع أن يرى الأثقال المعدنية من خلال صندوق خشبي مالت نفسه بالطبع الى أن يرى كيف تبدو كفه اذا صح أنه لم يلحظ من قبل صورة عظام أصابعه عند ما كان يضع بها الأشياء وراء الحائل .

قد يحسن فى هذه النقطة أن نبحث طريقة احداث الأشعة السينية ، وكذا استعمال الحائل المتفلور وان كانت هذه الأمور فى نظر أغلبنا من المسائل المعروفة . يمرر تيار كهربائى من مرمك أو من مركز رئيسى فى ملف تأثير ، ولعل فى الناس من يعرفه أكثر تحت اسم ملف شررى ، وتوصل أنبوبة فراغية خاصة الى طرفي الملف لى يحدث تفريغ أى شرارة كهربائية بين القطبين



صورة فوتوغرافية بالأشعة السينية تيمية حجرية محفورة

ترى على اليسار صورة فوتوغرافية عادية لتيمية «شاخص» حجرية محفورة . أما الصورة اليمنى فهي فوتوغرافية مأخوذة بواسطة الأشعة السينية عن نفس التيمية . وفي هذا دلالة على أن الأشعة عبر المنظورة قد احترقت جسم التيمية ووصلت إلى اللوحة الفوتوغرافية تحتها . ويرى من كثافة الظل أن الأجزاء المختلفة في جسم التيمية قد أبدت مقاومة مختلفة الدرجات للأشعة المخترقة .

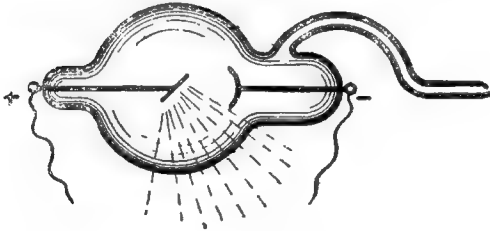
فى الأنبوبة . ويشاهد فى الرسم المرافق أن المهبط على شكل الصحن وذلك ليركز التيار المهبطى على هدف معدنى موضوع حىال مركز الأنبوبة . وقد يكون هذا الهدف أو لا يكون قطب الأنبوبة الآخر . على انا لا نريد أن نشغل أنفسنا هنا بالتفاصيل اذ كل قصدنا أن نعرف ماذا يحدث الأشعة السينية .

عند ما يمر التيار الكهربائى خلال الأنبوبة يقع سيل الكهارب على الهدف المعدنى وبعملها هذا تحدث فى الأثير رشاشا حادا مفاجئا . وقد اعتبرت هذه فى أول الأمر أمواج أثيرية ، وظن بعضهم أنها أطول من الامواج فوق الحمراء infrared وظن غيرهم أنها أقصر من الأشعة فوق البنفسجية ، ثم أغفلت لمدة ما الفكرة القائلة بأنها قطار منتظم من الأمواج ولكن بين يدينا الآن من الأدلة التجريبية أن الأشعة السينية هى فى حقيقة الأمر أمواج أثيرية ذات طول موجى قصير جدا .

يوضع الهدف الصغير الموجود داخل الأنبوبة منحرفا بزواوية بحيث أنه عند ما تضربه الكهارب يحدث للنبضات الأثيرية أى الأشعة السينية انحراف على جانب الأنبوبة كالذى يشير اليه الرسم .

أما الحائل المتفلور فالبلورات الدقيقة من مادة بلاتينو سيانور الباريوم موجودة على أحد جانبيه وظهر الحائل مغطى بقماش بطانة سوداء ، ومتجه صوب الأنبوبة حتى تقع الأشعة السينية على البطانة السوداء ، وهى لا تبندى لمروها مقاومة تذكر . فتحترق الأشعة رق الحائل وتدعو السطح الكيماوى الى التآلق . فاذا وضعت الكف منبسطة على ظهر الحائل فان الأشعة تحترق اللحم منها بسم ولة أكثر من اختراقها العظم ، ولذلك ترى عظام الكف على الحائل . ولا داعى هنا للكلام عن عظم قيمة استكشاف روتجين فى الجراحة .

ولم يتأخرو رونتجن عن تجربة تأثير هذه الأشعة الجديدة في اللوحات الفوتوغرافية، ومن ثم أخذت الدنيا على عجل تتكلم عن الفوتوغرافية الجديدة، فان فكرة أخذ صورة فوتوغرافية لهيكل عظم الانسان الحى على لوحة فوتوغرافية عادية وعمل ذلك فى الظلام حتى بدون فتح الزجاجاة المعتمة أو الظرف المحيط باللوحة الحساسة كان فى الواقع أمرا يستوجب الكلام . فى الرسم المقابل لصفحة (٢٣٤) صورة فوتوغرافية عادية لتيمة بارزة Cameo أى مصورة بارزة الحفر وبجانبا صورة رايوغرافية مأخوذة بواسطة



(أنبوبة أشعة سينية)

يمثل هذا الرسم شكلا بسيطا لأنبوبة رونتجن . يمر تيار الكهارب أى التيار السالب من المهبط (—) الى القطب (+) وتنشور الكهارب منطلقة من المهبط بقوة عظيمة وبما أن المهبط على شكل جفنة فسيتركز التيار فى اتجاهه على الهدف الذى يرى موضوعا على زاوية . وعند ما يوقف الهدف الكهارب فجأة يحدث نوع من الرشاش أو النبض فى الأنثر المحيط ، كما هو مبين بالخطوط المقطعة والاضطراب الأثيرى هو المعروف بأنه أشعة رونتجن ، التى شرحنا خواصها فى صلب الكتاب .

الأشعة السينية . ومنها نرى كيف أن الاشعة السينية اخترقت بعض أجزاء التيمة البارزة بسهولة أكثر من اختراقها الأجزاء الأخرى .

والذى يعنيننا فى الوقت الحاضر هو الآراء الحديثة الخاصة بالأشعة السينية . لقد أصبح علماء الطبيعة يأنون أشعة المهبط أى تيار الكهارب وأشعة لينارد التى هى فى الحقيقة الأشعة المهبطية التى انطلقت مختربة نافذة الألومنيوم فى الأنبوبة . ولقد رأينا فى باب سابق قيمة تجربة لينارد لدى المشتغلين بالعلوم ، بيد أنها تلوح عديمة الأهمية لدى من نسميه الرجل العادى ، بل إنه ما كان ليهم باستكشاف الأشعة السينية لولا ما هزهم من امكان رؤية صورة فوتوغرافية لهيكل العظم الحى .

يتذكر الكثيرون منا الاهتمام العظيم الذى أثاره هذا الاستكشاف والآراء المبالغ فيها التى تخيلها الكثيرون ، فانهم اذ لم يعرفوا كيف تستحدث الأشعة السينية أخذوا يصورون فوتوغرافى المستقبل واضعا آلة التصوير خارج غرفة وأخذوا والجدار حائل فى تصوير الهياكل العظيمة الحية لمن بالغرفة . أتذكر صورة لطيفة رسمها أحد تلاميذ جامعة جلاسجو جعل فيها الصورة الفوتوغرافية المأخوذة بالأشعة السينية تبين حركات أربعة من الطلاب فى غرفة ، وقد دلت هياكلهم العظيمة على أنهم كانوا جالسين حول مائدة يلعبون الورق وأمامهم عديد من زجاجات الخمر وأكواب الشراب .

الباب العشرون

كيف استكشف الراديوم

مبالغة الجمهور في تقدير الراديوم — ماذا أدى الى استكشاف مدام كيورى العظيم — تجربة روسية — استكشاف بيكرل أشعة الأورانيوم — ماثلة الحوادث في استكشاف داجير — هل أشعة الأورانيوم مثل الأشعة السينية ؟ — عمل مسيو وندام كيورى — اهتمام الجمهور بالراديوم — التأثيرات الفسيولوجية — فعل المرقب الشرى — الحرارة التى يشعها الراديوم — التأثيرات الفوتوغرافية — مولد الراديوم .

يخيل البنا كأن لم تمض الا ليلة على استكشاف الراديوم فاننا نتذكر بتمام الجلاء يوم أظهرت مدام كيورى زوجة المرحوم الأستاذ كيورى من باريس هذا العنصر الذى قضى ملايين السنين دفينا فى الدنيا .

ومع أن هذا الاستكشاف العظيم تم فى سنة ١٨٩٨ فان الجمهور لم يهتم به الا بعد بضع سنوات ، فقد ذاع يومئذ ان ذلك العنصر الجديد سيحدث انقلابا فى الحياة الدنيوية العملية . قيل إن كل الوسائل المستعملة لاستحداث الطاقة والقوة ستذهب ضياعا ، وأن جميع الأمراض المستعصية ستشفى وإن أساس العلوم الفوسيقية ستهدم عن آخرها . ولقد كان هذا كافيا فى إثارة روح الاهتمام لدى الناس ، ولكن لا يغرب دن الفكر أن جمهور العلمين لم يشترك فى تلك التنبؤات ، اذ الواقع أن رجال العلم — كما سرى — كانوا على علم بالأجسام ذات القوة الاشعاعية (Radeo - active) قبل استكشاف الراديوم وإن كانت تلك المواد السابقة أقل نشاطا من الراديوم بكثير . ولقد قال سير أوليفر لودج يومئذ فى صدد هذا الموضوع ما يأتى ”لا تعد الحقيقة المجردة شيئا ،

أو تعد شيئاً قليلاً ، حتى تلبث ثوب نظرية . فقد تولد الحقيقة أحياناً قبل أن تعد لها ملابسها . وقد يعد المهد والكسوة قبل أن تولد الحقيقة والراديوم في هذا الطرف من القضية ، فلا ينبغي أن تظل حقيقة خاصة بالراديوم في العراء والبرد لعدم وجود المأوى النظري ” .

لا يعثر رجال العلم بالاستكشافات مصادفة ، إذ توجد دائماً سلسلة من الحقائق تهيئ إلى كل استكشاف ، ولذلك يهمننا أن نرى ماذا هدى إلى ابتعاث الراديوم . لا يظن الإنسان أن قد كانت هناك علاقة بين استكشاف سير ويليام كروكس لأشعة المهبط المستحدثة في أنبوبة فراغية وبين استكشاف الراديوم . على أن هناك صلة نسب مباشرة بينهما . وكذلك نستطيع من الطرف الآخر أن نتقصى سلسلة نسب استكشاف كروكس المشار إليه إلى أول العهد بذلك قطعة من الراتنج في العصور الخالية .

سبق لنا أن رأينا أن تجارب كروكس أدت إلى استكشاف الأشعة السينية ، وقد أدت قدرة هذه الأشعة غير المنظورة على التأثير في ألوحه الفوتوغرافية بآخرين إلى محاولة معرفة هل هذه المواد المتألقة تألقاً فوسفورياً لا تستطيع أن تخرج اشعاعات غير منظورة مماثلة ، ولكن أى صلة موجودة بين المواد الفوسفورية التالقة والأشعة السينية ؟ ان الأشعة السينية تدعو زجاج الأنبوبة التي تحدث فيها إلى التالق الفوسفورى ، وهى كذلك تثير هذا التالق في كثير من الجواهر والبلورات الكيماوية .

نحن جميعاً على شئ من العلم بالمواد المتألقة فوسفورياً . نعلم أن الادهان المضيفة التي تشتمل على كبريتور الكلسيوم أو كبريتور الخارصين تتألق في الظلام مدة ما إذا كان قد سبق لنا تعريضها

لضوء الشمس مدة ما، ولقد أمكن بالتطبيقات العملية لهذه الادهان الوضاعة وضعها على صناديق علب الثقاب حتى تشرق في الظلام وتدل على مكانها . ومنا من يكون في صفه قد مسح وجهه ويديه بقليل من نقط الزيت الفوسفورى ليمثل عفريتاً حياً .

وقد خطر لأحد علماء الفوسيقى الروسين أن يجرب : هل يؤثر كبريتور الكلسيوم المتألق فوسفوريا في لوحة فوتوغرافية من وراء صفيحة رقيقة من الألومينيوم بنفس الطريقة التي استطاعت الأشعة السينية أن تؤثر بها ؟ المعروف أن الفلزات كلها معتمة للأشعة السينية ولكن تكاد صفيحة رقيقة من الألومينيوم تكون شفافة لهذه الأشعة . ولقد عمل ذلك المحرب الروسى ، وكان اسمه نيونجلوسكى (Niewengłowski) وهو اسم يبدو غريباً لنا التجربة البسيطة الآتية :

غطى لوحة فوتوغرافية بصفيحة رقيقة من الألومينيوم ، ووضع على هذه اللوحة المعدنية بعض المادة الفوسفورية التآلق فوق مربع صغير من الزجاج ، وترك هذا الجهاز في الظلام مدة يوم وليلة ، وعند ما عالج اللوحة الفوتوغرافية كيمائياً وثبتها وجد عليها صورة المربع الزجاجى الصغير الذى كانت عليه المادة الفوسفورية التآلق ، وثبت لديه بالبرهان القاطع أن أشعة غير منظورة قد اخترقت لوحة الألومينيوم الرقيقة . وزيادة الامعان في الفحص اتضح أن الأشعة التي اخترقتها لم تكن أشعة سينية لأن لوحة الزجاج كسرتها كما اتضح ذلك عند حوافها . هذه الأشعة تشتمل على أشعة من الضوء شديدة الاختراق وهى لاتهم القارئ العادى الا من حيث اعتبارها درجة في السلم بين استكشاف أشعة رونتجن واستكشاف الراديو على يد مدام كيورى .

وقد خطرت نفس الفكرة القائلة باحتمال وجود علاقة ما بين الاشعة السينية والتألق الفوسفورى للأستاذ بكريل الباريسي (Becquerel) فقد جرب التأثير الفوتوغرافى لكل مادة فوسفورية التألق خطرت بباله فوجد أثناء تلك التجارب أن بعض أملاح الأورانيوم كانت شديدة النشاط فى بعث تشععات تؤثر فى اللوحة الفوتوغرافية. والغريب من الأمر أن هذه الأملاح الأورانيومية لم تكن لتستحق أن تسمى فوسفورية التألق بتاتا . لأنها لا تخرج أشعة بعد رفع ضوء الشمس عنها إلا لجزء صغير من الثانية فى حين أن الادهان المضيئة لا تفتأ تتألق ساعات عدة بعد تعرضها لضوء الشمس . فالإنسان العادى ما كان يتردد فى اخراج هذه الأملاح من حظيرة المتالفات دون أن يسمح بتجربتها بتاتا ؛ ولكن بكل رغب فى أن يسمح لها بتجربة صالحة، ولذلك أعد لها العدة اللازمة حتى يعطى لها فرصة التأثير ان استطاعت فى لوحة فوتوغرافية فى حين كانت هذه الأملاح معرضة باستمرار لضوء الشمس . ولذا أعد لوحة فوتوغرافية فى ظرف محكم لا يسمح بنفوذ الضوء بتاتا ، ووضع هذا الجهاز فى ضوء الشمس وعليه بعض بلورات من أملاح الأورانيوم متشورة على الظرف الأسود المذكور . وعند ما غسل اللوحة الفوتوغرافية وكشفها وجد أن الأشعة غير المنظورة قد اخترقت الظرف ووصلت الى اللوحة وأحدثت عليها صورة البلورات الأورانيومية .

وهيا بكل تجربة ثانية ، وفى هذه المرة وضع صليبا معدنيا بين أملاح الأورانيوم والظرف المعتم الذى يغطى اللوحة الفوتوغرافية . وقد اعترم أن يعرض ذلك لضوء الشمس عدة ساعات كما فعل فى التجربة الأولى ، ولكن حدث لحسن الحظ أن اختفى ضوء

الشمس في الوقت الذي لاحت الحاجة اليه على أشدها . وكأنما كان في التجربة عفريت مستتر ، فانه ترك هذه التجربة جانبا ، وقد تركها كما هيأها ونوى أن يعرضها تعريضا تاما عند ما تكون الشمس على حالة أصليح ، ولكنه لسبب ما غسل اللوحة الفوتوغرافية بعد أن ظلت ثابتة في مكانها من غير تعريض جديد كانت دهشته بالغة لأنه وجد صورة الصليب المعدني على اللوحة .

لا يمكن أن يكون هذا قد حدث أثناء فترة الزمن القصيرة جدا التي تعرضت فيها أملاح الأورانيوم لضوء الشمس ، فهل كان التأثير الفوتوغرافي جاريا بغير تأثير الشمس المثير في أملاح الأورانيوم ؟ سؤال لم تمكن الاجابة عليه الا باعادة التجربة كرة أخرى بغير واسطة الشمس مطلقا . عمل بكل هذه التجربة وحصل على النتيجة بعينها في الظلام . اذن لم تكن الأشعة غير المنظورة ناشئة عن خاصية التألق في المادة بتاتا . فلا شك اذن في أن هذه الأشعة الأورانيومية غير المنظورة شيء جديد بحت .

وفي اعتقادي أنه يحدر بنا على ذكر ذلك ، أن نشير الى التماثل بين هذه الحالة واستكشاف الفوتوغرافية العملية على يد داجير (Daguerre) فانه اذا أعد سطح لوحة من الفضة المصقولة بتعريضها لبخار اليود هيأ آله التصويرية قصص تعريض اللوحة لضوء الشمس بضع ساعات على أمل الحصول على صورة ، وعند ما تمها كل شيء للعمل اختفت الشمس ، ولذا وضع داجير لوحته المصقولة جانبا في خزانة مواده الكيميائية على نية أن يعيد التجربة اذا عادت الشمس . تصور مقدار دهشة داجير عند ما ذهب ليستخرج اللوحة من الخزانة في صباح الغد فوجد عليها صورة كاملة . لقد كان وانحما أن نفس التعريض القصير المدة قد طبع صورة خفية على اللوحة ، وأن بخار بعض المواد الكيميائية الموجودة في الخزانة

قد كشف الصورة المنظورة. وقد وجد داجير من تجارب أجراها أن العامل الفعال في الموضوع كان بخار الزئبق ، وبهذه الطريقة استكشفت الفوتوغرافية العملية . هذان الاستكشافان : استكشاف داجير ، وبكرل ، وقد حدث كلاهما في باريس ، هما حالتان متوازيتان مما يسمى الاستكشاف بالمصادفة .

وقد كان ظاهرا أن "أشعة بيكرل" التي تبعثها أملاح الأورانيوم كانت مستقلة تمام الاستقلال عن المؤثرات الخارجية . ولزيادة التأكد جهز بكرل أملاحا أورانيومية من محلول في الظلام ، ووجد أنها تؤثر في لوحة فوتوغرافية دون أن ترى هذه الأملاح ضوء النهار واذ تقادم الوقت ثبت أن أملاح الأورانيوم دائمة الفاعلية لا تفقد شيئا ببعضها تلك الأشعة . ولكن هل هذه التشععات عين الأشعة السينية ؟

في المبدأ لاحت أشعة بكرل كأنها ليست الا أشعة سينية ومع ذلك فلو ثبت أن هذا هو الواقع لكان الاستكشاف عظيم . روتجن أنتج الأشعة السينية صناعة في المعمل . كانت هذه الأشعة نتيجة طاقة كهربائية محدودة واردة من ينبوع معلوم ، ناذا وجدت مادة طبيعية تخرج أشعة سينية باستمرار دون أن يستعان على ذلك بمدد من الخارج فلا غرو أن يكون استكشافها أعظم خطرا بما لا حد له من وجهة النظر العلمية .

وجد بكرل أن هذه الأشعة الأورانيومية ، التي سميها بالنسبة إليه ، تستطيع أن تفرغ جسما مكهربا كما تفعل الأشعة السينية سواء بسواء . فان أشعة الأورانيوم تستطيع أن تحترق نفس المواد التي تحترقها الأشعة السينية . وقد اتضح في أول الأمر من التجارب الأخرى أن الاشعاعات الصادرة من أملاح الأورانيوم لم تكن

الأشعة السينية، ولكن سئى أن الأملاح تبعث ما هو أكثر من الأشعة السينية . ولكن مهما يكن من الأمر فإنه لا يحسن بنا أن نفعل الأهمية الأولى لاستكشاف بكرل وهو أن مادة في حالتها الطبيعية تنتج باستمرار تشعاعات غير منظورة .

ولقد كان من الطبيعى أن يعمد غيره من المجرىين الى اجراء أبحاث لمعرفة هل توجد مواد أخرى تفعل فعل الأورانيوم — الذى هو على ذكره أنقل العناصر جميعها — فاخطت الأستاذ كورى (Curie) وزوجته خطة بحث مهمة جدا قصد التأكد من أن القوة الاشعاعية مسببة عن الأورانيوم نفسه وليست عن شوائب ربما تكون فيه . وحينما كانا يجران تجارب عن عينات مختلفة من البتشلند (Pitchblend) وهى مادة معدنية يستخرج منها الأورانيوم ، وجدا أن بعض العينات كان أشد قوة اشعاعية من الأورانيوم الخالص نفسه . فأثبت هذا أن خواص القوة الاشعاعية لمادة البتشلند لم تكن مسببة عن الأورانيوم نفسه . وعلى ذكر هذا ننبذ أنه ثبت بعد ذلك أن الأملاح الأورانيومية النقية الحديثة لم تكن ذات قوة اشعاعية ، ثم وجد بعد ذلك بمدة أن هذه الأملاح أصبحت بمضى الزمن ذات قوة اشعاعية ، ولكن يحسن بنا أن نتبع المرتقى خطوة خطوة .

عزم الكيوربان أن يتعقبا أثر ذلك الشيء الذى كان يحدث ظاهرة القوة الاشعاعية ، ففصلا بطرق كيميائية معروفة مختلف مكثرات البتشلند . ومما تلذ القارئ ملاحظته أنهما كانا واثقين أن المسادة الفعالة الحقيقية اتى كانا يبحثان عنها ليست في أملاح الأورانيوم نفسه لأنهما أخذوا يجران على نطاق واسع تجاربهما على بقايا البتشلند الذى استخرج منه الأورانيوم لأغراض تجارية مثل تلوين الزجاج البوهيمى .

وقد وضعت الحكومة النمساوية أطنانا عدة من هذه البقايا تحت تصرف الكيوريين وكانا قد أقاما معملا لتكريرها بظاهري مدينة باريس .

لم تكن فكرتهما أن يستخرجا منه عناصر ذات قوة اشعاعية بمقدار تجارى فقد كان واضحا جليا أن المادة المحدثه لهذه الظاهرة ذات القوة الاشعاعية لابد أن تكون فيه بمقدار قليل جدا . وبعد اجراء تحليل كيميائى مجهد استطاع الكيوريان أن يفصلا ثلاث مواد مختلفة ذات قوة اشعاعية ، بيد أن واحدا من هذه العناصر كان مقداره أكبر من الاثنين الآخرين اذا صح للانسان أن يستعمل كلمة مقدار وصفا لهذه المواد ذات القوة الاشعاعية فان فى استطاعتك أن تحمل مقدار ما استخرج من ثمانية أطنان من البتشلند من المنتجات ذات القوة الاشعاعية على سطح قطعة من ذات الثلاث بنسات ، وقد ستمت مدام كيورى أهم هذه المنتجات الفاعلة بالاشعاع "راديوم" .

لم تكن هناك نسبة وجيهة للمقارنة مطلقا بين قوة الأورانيوم الاشعاعية وقوة الراديوم ، فقد قدرت قوة الراديوم فوجدت أقوى من قوة الأورانيوم بمليون أو مليونى مرة . وقد أعطت هذه القوة الاشعاعية البالغة فى العظم رجال العلم الطبيعى فرصة أعظم وأقوى للبحث عن حقيقة ماهية هذه التشععات .

والشئ الذى لاح أنه لفت الجمهور هو فداحة الأثمان التى طلبت من راغبي الحصول على عينات نماذج من الراديوم ، ولكن لا محل للعجب من ارتفاع ثمنه اذا راعى الانسان عظم مقدار الجهد والمشقة المبذولين فى استخراج الراديوم . اذا قيل للرجل العادى إن الراديوم يوازى فى ثمنه ثلاثة آلاف مثل ثمن الذهب

أخذه العجب طبعا ولكن لا شك في أنه يئأس من أمره اذا قيل له إن مقدار الراديوم في مادة البتشلند أقل من مقدار الذهب في محلول من ماء البحر .

ومما هم الجمهور من أمر الراديوم كونه ذا تأثيرين في جسم الانسان فقد استكشف الأستاذ بكل هذا الأمر لأذى حصل له ، ذلك أنه كان يحمل عينة صغيرة من الراديوم في علبة وضعها في جيبه صدرته حينما أتى الى لندن ليلقي محاضرة فوجد في غضون نصف شهر أن اللحم الواقع تحت جيبه أخذ في الاحمرار ثم عقبه نشوء قرحة مؤلمة استغرق علاجها أسابيع عدة . ولاحظ الأستاذ كيورى أيضا أن يديه قد أصيبتا بشيء من ذلك بعد لقائه محاضرة في المعهد الملوكى بلندن كان في أثناءها يتناول بيديه بعض الراديوم . على أن هذا لا يعد مدهشا مطلقا اذا نحن راعينا التأثيرات الفيسيولوجية المعروفة التي تحدثها الأشعة السينية . وعلى كل حال فقد وقر في نفس الرجل العادى أن وقد وجد في الراديوم دواء لكل داء .

ولقد كان كل امرئ في غضون السنوات الأولى من القرن الحالى مهتما بالراديوم . واذا تكلمنا عن الراديوم فنحن نغنى أملاحه وان كانت مدام كيورى قد استطاعت أن تستخلص مقدارا ضئيلا من المعدن الخالص . وفي استطاعتنا الحصول على ذراته مشتركة مع ذرات كلورين ومكونة كلورور الراديوم أو مع ذرات برومين ومكونة برمور الراديوم . وتبدو هذه الأملاح شبيهة جدا بملح الطعام غير أنها تخرج في الظلام ضوءا ضعيفا جدا . والتأثيرات المضئية التي ترى في المرقب الشررى (Spinthariscopes) الذى يبيعه صناع آلات الابصار مسببة عن تشعاعات من الراديوم تضرب حائلا فوسفورى

التألق . ولكن كيف يستطيع باعة آلات الابصار أن يعيوا آلات
تشتمل على مثل مادة الراديوم الغالية ببيع شلنات ؟ انما نفهم
هذا يبحث تركيب الآلات نفسها . هذه اللعبة العلمية التي اخترعها
سيرويليام كروكس تشتمل على أنبوبة قصيرة من النحاس الأصفر -
الشبه - ركبت في أحد طرفيها عدسة مكبرة وفي الطرف الآخر سائل
صغير فوسفوري التألق ، وتثبت أمام هذا الحائل ملاصقة له قطعة
من السلك الدقيق سبق أن غمست في محلول من أملاح الراديوم .
ويكفي المقدار الضئيل جدا من أملاح الراديوم العالقة بالسلك
لإحداث اصطدام عنيف جدا على الحائل ، والتأثير يبدو ، كما لا بد
أن يكون الكثير من القراء قد شاهدوا ، كأنما هو بحر مضطرب
من الضياء . وقد شبهه بعضهم ببركة ملائى بالحباحب أو شهب
متساقطة في ليلة صافية ، ويقول غيرهم عند ما ينظرون في المرقب
الشررى إنهم يرون رشاشا من الضوء في مركز الحائل وشررا
صوب حافته .

وكما بدا للإنسان أن يأخذ مرقبا شرريا وينظر فيه يرى
اصطداما مستمرا حادثا . ولقد يخيل الى الانسان أن هذا الشرر
يقول للناظرين « يأتى الناس ويمضى الناس أما نحن فنبقى
الى الأبد » بيد أنا سنرى أن قوله « الى الأبد » هذه لا يمكن
أن تستعمل الا بنوع من التجوز الشعرى .

قبل البحث فيما تشتمل عليه تشععات الراديوم هذه يحسن بنا
أن نلاحظ خاصة أخرى بينة من خواص هذا العنصر الحديث
الاستكشاف .

إذا كان مرئى ما قائما في غرفة على درجة حرارة أعلى من درجة
الهواء المحيط بها ، نعرف أن هذا المرئى قد سخن بواسطة من الوسائط
الصناعية ، وإذا رأيناه يبرد بالتدريج نعرف أن مصدر الحرارة قد

أزيل ولكن اذا وجدنا أنه محتفظ بدرجة حرارة أعلى من درجة المحيط ،نعرف أنه متصل بينبوع ما للحرارة و بعبارة أخرى نعرف أنه يمد بالطاقة . قد يكون ينبوع الحرارة بالطبيعة في باطن المادة ويكون مسببا عن تغيرات كيمياوية جارية فيها . فأجسامنا دافئة مثلا بسبب ما يجرى فيها من التغيرات الكيماوية . وكل منا عليم بتغيرات درجة الحرارة في جسمه بسبب زيادة النشاط الكيماوى العادى أو نقصه . أما في الأجسام الخاملة فان هذه الدرجات الحرارية المختلفة تكون مسببة عن نوع مؤقت من التغير الكيماوى فيها . ولكن ظهر أن الراديوم يناقض هذه القاعدة ، فهو يظل أسخن مما يحيط به بدرجتى حرارة ، وانما كان ذلك بسبب انفاق طاقة باطنية كما سترى في الباب الآتى .

شاهدنا التأثيرات الفوتوغرافية لأملاح الأورانيوم ، فلا غرو أن تكون أملاح الراديوم أشد وأنشط في هذا الصدد فقد أمكن الحصول بواسطة تسععات الراديوم على صور راديو غرافية واضحة جدا .

يستطيع من يشتهى أن يرى طيف الصوديوم أن ينال بغيته بالنظر اليه في مرقب طيفى ، اذ يكفى الانسان لذلك أن يحرق قليلا من ملح الطعام ويرقب لهبه . أما الراديوم فقليل منا من يؤمل أن يرى طيفه اذ أنه من غلو الثمن بحيث لا يصح تناوله بهذه الطريقة . على أنهم قد أتقنوا طيف الراديوم ، وهو بالطبع متميز عن طيف كل عنصر آخر معروف .

لقد كنت جعلت «مولد الراديوم» عنوانا لهذا الباب ، ولكنى أشفقت أن ترتد النظرة العجلى بالظن أن الراديوم ولد سنة ١٨٩٨ وعلى كل حال فسئرى طائفة من الحقائق خاصة بمولد الراديوم في غضون الأبواب التالية .

الباب الحادى والعشرون

ماهى الأشعة المنبعثة من الراديوم ؟

رواد البحث الأول - استكشاف خطير - أنواع ثلاثة من الأشعة - خواص كل منها - طبيعتها - أقصى مرة عرفت للجسيمات المادية - مصدر حرارة الراديوم - انطراد الجسيمات المادية من الراديوم بكثرة هائلة - القوة الإشعاعية للمعدية - غاز منبعث من الراديوم - تجربة راقعة - مسألة ما لا يرى - اختفاء غاز الانبعاث .

عرفنا فى الباب السابق خواص الراديوم ، بيد أنه مما يهم فى الموضوع على وجه التخصيص أن نرى مم تكون أشعة الراديوم فعلا . رأينا أن أشعة الأورانيوم تبدو شديدة المائلة للأشعة السينية ولكن أصبح أسهل علينا بعد اذ استكشفت تشععات الراديوم التى هى أفعل من تلك بكثير أن نختبر طبيعة الأشعة .

كما حتى هذه النقطة نكاد نقصر بحثنا على عمل علماء الطبيعة الفرنسيين واليهام وحدهم تقريبا يسند شرف هذا الاستكشاف العظيم للقوة الإشعاعية . أما الآن فقد وصلنا الى كشف الغطاء عن السر ، وفى هذا يفخر الانكليز بأن مواطنهم كانت لهم اليد الطولى فقد كان الأستاذ روثرفورد (Rutherford) ومستر سودى (Soddy) فى مدينة مونتريال (Montreal) ثم سيرويليام رامساي ، ومستر سودى بعد ذلك فى لندن من الرؤاد الذين تفحصوا طبيعة هذه القوة الإشعاعية .

فى بادئ الأمر جرى على يد روثرفورد استكشاف مهم جدا ، ذلك أنه وجد أن هناك ثلاثة تشععات مختلفة ، ومميزة ، تنبعث معا فساها بأوائل الأيجدية الأغريقية : ألفا (Alpha) وبيتا

(Beta) وجاما (Gamma) ثم وجد أن أشعة "ألفا" ذات قوة اختراق صغيرة جدا ويمكن وقفها بصفحة من الورق، وفي حين أن أشعة "بيتا" تستطيع أن تخترق صفحة رقيقة من الألومنيوم تحتاج أشعة "جاما" الى صفحة سميكة نوعا ما من الصاب أو الرصاص لوقف سيرها. وإذا نظرنا الى هذه الخاصية الاختراقية وحدها نستطيع أن نكون فكرة صالحة جدا عن طبيعة هذه الأنواع الثلاثة المختلفة من الأشعة .

إذا ابتدأنا بأشعة جاما كان جديرا بنا أن نغان أن هذه الأشعة يلزم أن تكون أشعة رونتجن بسبب شدة قوتها الاختراقية . ثم إذا تذكرنا تجربة الأستاذ لينارد ونافذة الألومنيوم التي انطلقت منها الجسيمات المهبطية كان جديرا بنا أن نقول إن أشعة بيتا هي بعينها تلك الكهارب المعروفة جدا إذ أنها هي أيضا قد استطاعت أن تخترق صفحة رقيقة من الألومنيوم ، ومع ذلك تقفها صفحة من الفلز الذي تستطيع أشعة رونتجن اختراقه . إذن فلم يبق أمامنا للبحث إلا أشعة ألفا ، وجدير بنا أن نخمن أنه يلزم أن تكون ذرات غير منظورة من المادة إذ أنها تعجز عن اختراق شيء حتى ولا صفحة من ورق الكتابة .

إذا وصلنا الى النتائج المتقدمة نجد أنه لاسبيل لنا الى تغيير آرائنا ، فقد أيدها باحثون آخرون ولم يبق الا قليل من الشك في طبيعة تلك التشععات الثلاثة .

إذا كانت أشعة جاما هي أشعة رونتجن فعلا فهي جديرة أن تؤثر في لوحة فوتوغرافية بمرورها في أشياء معروفة بشفوفها للأشعة السينية ، وقد دلت التجربة على أنها كذلك ، وجديرة أيضا أن تفرغ جسما كهربائيا كما تفعل الأشعة السينية ، وهذا أمر تفعله

أيضا . وإذا كانت أشعة جاما أشعة سينية فلن تتحرف بواسطة أى مجال مغناطيسى كما عجزنا عن زحزحة الأشعة السينية . وهذا الاختبار أيضا مثبت للرأى . وعليه فاننا نتق بأن أشعة جاما التى يبعثها الراديوم هى فى الواقع أشعة رونتجن المشهورة . ولكن كانت معرفتنا السابقة عن الأشعة السينية أنها تحدث بالوقوف القجائى للكهارب الطائرة . وتقول لنا النظرية إن الأشعة ممكن استحداثها أيضا ببعثها بجافة . وصعوبتنا فى العمل هى فى أننا لا نستطيع أن نبعثها بمفاجأة كافية لاحداث تفجرف الأثير، ولكن اذا كانت أشعة بيتا كهارب حقيقة وإذا كانت تنبعث بمفاجأة كافية فاننا نستطيع أن نطل وجود الأشعة السينية، ولكنا سنرى أن هذين الشرطين سيزولان فى الفقرة الآتية الخاصة بأشعة بيتا .

رأينا أن أشعة بيتا تسلك مسلك الكهارب الطائرة فى أنها قادرة على المرور خلال صفيحة من الالومنيوم . الكهارب شحنت من الكهربية السالبة . وقد رأينا فى باب سابق انها تتحرف بسهولة بواسطة مجال مغناطيسى . وكذلك أشعة بيتا عند اختبارها سواء بسواء . وظهر أيضا أنها جسيمات ذات شحنة سالبة . وقد حسبت سرعتها من انحرافها المغناطيسى فوجد أن بعضها يحرى بسرعة بالغة ، مائة ألف ميل فى الثانية . ولذلك نرى أنفسنا مبررين فى القول ، بأن هذه الكهارب تنبعث بمفاجأة كافية لاحداث أشعة جاما ، أى أشعة رونتجن . واذ أن سرعة سير أشعة بيتا أعظم بكثير جدا من سرعة الكهارب فى الأنبوبة الفراغية فلا يدهشنا أن فى إمكان أشعة بيتا أن تحترق صفيحة من الالومنيوم أسمك مما تستطيع أشعة لينارد . وقد أجريت اختبارات عدة أخرى على تشععات بيتا فلم يبق ظل من الشك فى مطابقتها للكهارب التى عرفنا من أمرها شيئا كثيرا فى الأبواب السابقة .

كيف يستطيع اختبار طبيعة أشعة ألفا ؟ لقد قدرنا انها ذرات من المادة لأن صفيحة من ورق الكتابة تحتبسها ، ونحن موفقون إذ نجد أنها حين تتحرف بتأثير مجال مغناطيسى ، تتحرف في الجهة المضادة من الكهارب ، ونحن نعلم من هذا الأمر أنه لا بد أن تكون مكهربة كهربية مضادة ، وبعبارة أخرى انها تحمل حتما شحنة من الكهربية الموجبة . ومن السهل بيان كون شحنتها موجبة بمحصر الراديو في صندوق من المعدن لا تستطيع أشعة ألفا هذه أن تتطابق منه . نجد أن السطح الداخلى من الصندوق يصبح مشحونا بالكهربائية الموجبة أما الكهارب السالبة فتكون قد انطلقت خارجة من خلال الصندوق ، ويمكن اقتفاء أثرها في الخارج . ولهذا الكهارب ، كما سبق الايضاح ، قوة اختراقية أعظم من قوة الكهارب في أنبوبة فراغية . وإذا عدنا الى الكلام في صدد جسيمات ألفا فسنجد فيما بعد أنها في الحقيقة ذرات غاز خفيف جدا يسمى الهيليوم (Helium) .

وجسيمات ألفا التي نحن بصدها تنطرد بسرعة عشرين مليون ميل في الثانية ، وهو قدر يفوق كل ما عرف من سرع انطلاق جسيمات المادة . والواقع أنه ليست هناك نسبة مقارنة قريبة بين هذه وبين أسرع جسم متحرك يخطر ببالنا . على أن مجال الجوى قصير جدا ، لأنها لا تلبث أن تلتقطها على عجل جزئيات الخليط الغازى الذى نسميه الجو .

ان السرعة الهائلة التى لتلك الذرات من الهيليوم كافية لتفسير فلك الصدام العنيف الذى يشاهد في المرقب الشرى كما وصفناه في الباب السابق . ولا تنس أن هذه الذرات صغيرة الى الحد الأقصى . انظر الى نقطة الوقف في آخر الجملة السابقة وحاول أن

تتخيل فرقة من الذرات واقفة أفرادها كتفا لكتف عبر قطر هذه النقطة . لا يكفى دون خمسة ملايين من ذرات الهليوم لتكوين ذلك الخط الدقيق . بيد أن صورة ذلك أبعد من مدى التخيل .

إن الخاصة العجيبة التي للراديوم، خاصة احتفاظه بدرجة حرارة ثابتة أعلى من درجة الهواء المحيط ، مسببة عن جسيمات ألفا أى ذرات الهيليوم . تصور جراما من أملاح الراديوم ، وهو مقدار لا يزيد عما يمكن أن تحمله قطعة من ذات الثلاث بنسات . من هذا المقدار ينطرد ما لا يقل عن مائة ألف مايون ذرة هيليوم فى الثانية . من الصعب ادراك معنى هذا، ولكن اذا أمكن تقسيم هذه الذرات المنطرده فى ثانية واحدة بين سكان الأرض جميعها بالتساوى نال كل واحد خمسين ألفا منها تقريبا ، وفى آخر الدقيقة الأولى يكون كل واحد فى الدنيا قد نال ثلاثة ملايين ذرة هيليوم ويكون ما يملكه الواحد منا فى آخر أول يوم ألوف من الملايين . تخيل هذا المقدار العظيم من ذرات الهيليوم منطردا من أقل من نصف ملء ملعقة شاي من أملاح الصوديوم فى يوم واحد، ومع ذلك فإن تفريغ هذه الذرات المسادية يجرى بلا انقطاع سنة بعد سنة على مدى قرون عديدة . إن الطاقة التى تحملها هذه الذرات الطائرة تعادل تسعين فى المائة من مجموع الطاقة التى يخرجها الراديوم . أما درجة حرارة الراديوم فهى ناشئة عن ضرب بعض هذه الذرات للراديوم نفسه فى محاولاتها الانطلاق فى الهواء .

من الفقرة السابقة يرى ان الكهارب الطائرة (أشعة بيتا) وأشعة روتجن (أشعة جاما) لا تعادل إلا واحدا فى المائة من الطاقة التى يخرجها الراديوم . ولكن كلا من هاتين الطائفتين يؤثر فى اللوحة الفوتوغرافية بما هو أفعل من تأثير ذرات الهيليوم (أشعة ألفا)

كلتا الطائفتين من الأشعة بيتا وجاما ، تفرغ جسما مكهربا وتحمل الحائل الفوسفورى الثانى على الأشراق ، أما رشاش الضوء الذى يرى فى المرقب الشررى فهو مسبب عن أشعة ألفا أى ذرات الهيليوم .

الانسان عرضة فى أول الأمر الى الارتباك شيئا ما فى شأن هذه الأنواع الثلاثة المختلفة من التشععات ، وأرى أن خير طريقة لتثبيت طبيعتها فى الذهن هى أن نناولها بترتيبها الأيجدى — ألفا وبيتا وجاما — ثم نفكر فيها صائرة أقل مادية شيئا فشيئا . نبتدى بذرات المادة ثم ننقل الى الكهارب ، وأخيرا الى الاضطرابات الأثيرية المعروفة بالأشعة السينية ، وهذا يساعدنا على تذكر الخواص المختلفة للتشععات الثلاثة الصادرة من الراديوم .

وقد لاحظ الكيوريان على عجل أن القوة الاشعاعية أمر معد ، فان كل مادة تبقى بجوار الراديوم تصبح ذات قوة اشعاعية أيضا ، ولكنها غير ثابتة . وتبقى تأثيرات القوة الاشعاعية المكتسبة عدة ساعات ، وفى بعض الأحوال عدة أيام . وقد لوحظ انه عند ما كان يزال الراديوم من جوارها تأخذ المادة التى أعدها فى فقدان خواصها المكتسبة . ويلد القارئ أن يعلم أن المراقب نفسه يصبح ذا قوة اشعاعية ، وأن وجوده يكفى ليفرغ الأجسام المكهربة حوله ، ويؤثر فى أدوات مقياسه الكهربائية . وقد يحاول الملاحظ أن يغسل يده من هذه الخاصة المكتسبة — بالمعنى الحرفى — ولكنه لا يستطيع . ولقد كان الأستاذ كيورى على حق فى شكره الله على أن هذه الخاصة المكتسبة غير ثابتة وإلا لاستحال عليه مواصلة تجاربه باستعمال الأجهزة الدقيقة لقياس الكهر بائية .

لم يمكن فى أول الأمر أن يفهم معنى هذه القوة الاشعاعية المكتسبة ولكن التجارب الأخرى التى عملت بعد ذلك ألفت على هذه الظاهرة ضوءاً جديراً بالاهتمام . فقد وجد أنه اذا أذيت أملاح الراديوم أو سخنت كانت قوة اشعاعيتها أشد وأقوى عدوى ، فقد وجد أن جسماً كان فى جوارها أصبح ذا قوة اشعاعية حتى حين حجب عن جميع أنواع الشععات الثلاثة السالفة الذكر .

وقد دلت تجربة بسيطة على أن الفاعلية الاشعاعية المكتسبة لم تكن ناشئة عن شععات الراديوم . وضع محلول من أملاح الراديوم فى فقاعة زجاجية ووضعت مادة ذات تألق فوسفورى فى فقاعة أخرى . ثم وصل بين الفقاعتين بواسطة أنبوبة زجاجية مثناة حتى لا يستطيع شئ من الأشعة أن يصل من فقاعة الراديوم الى فقاعة المادة ذات التألق الفوسفورى ، اذ أن الشععات لا تستطيع أن تتعطف فى زاوية . وقد وضع محبس فى الأنبوبة الموصلة حتى لا يمر شئ من احدى الفقاعتين الى الأخرى ما دام المحبس مقفلاً وعند ما نقل هذا الجهاز الى الضلام لم ير شئ حتى فتح المحبس وعندئذ أشرقت المادة ذات التألق الفوسفورى ، فدل هذا على أن غازا ذا قوة اشعاعية قد انتقل من أملاح الراديوم الى الفقاعة الأخرى ، وقد سبق لروترفورد أن وجد أن هناك غازا ذا قوة اشعاعية يطلقه عنصر آخر ذو قوة اشعاعية يسمى الثوريوم (Thorium) ولكن كان الغاز أو "الانبعاث" فى تلك الحالة قصير العمر اذ اختفى فى بضع دقائق . أما فى حالة الراديوم فقد وجد أن الانبعاث دام ذا قوة اشعاعية عدة أسابيع ^(١)

(١) يجب أن لا يخلط بين غاز الانبعاث والأشعة المنبعثة من الراديوم .

مما يلزم الانسان أن يكون في الظلام ويراقب هذا الغاز المنبعث وهو ينسحب في أنبوبة طويلة من زجاج ذى تآلق فوسفورى ، فانه عند ما يمر الغاز على استطلالة الأنبوبة تصبح الزجاجاة مضيئة . بهذه الطريقة يراقب الانسان مرور الغاز فعلا من محلول الراديوم الى مستقبل بعيد . ويزيد عجب الانسان اذا كانت الفقاعة المستقبلية التى هى أيضا ذات تآلق فوسفورى توضع فى هواء سائل . ظاهر جدا أن غاز الانبعاث يصبح سائلا بسبب تلك الدرجة المنخفضة جدا من الحرارة . نحن لا نستطيع أن نصب ونفرغ سائل هذا الغاز المنبعث كما نصب الهواء السائل . بل الواقع أننا لا نرى سائلا مطلقا ، لأن المقدار قليل جدا . ومع ذلك فانتنا نتق أن غاز الانبعاث يسيل ، اذ بدلا من الغاز الذى يملأ الفقاعة نرى من تأثيره التآلق للفوسفورى أنه يتراكم فى قاع الفقاعة المستقبلية .

انه هو هذا الغاز الانبعاثى الذى يسلك إلى الأجسام التى تكون موضوعة فى جوار الراديوم ، ويلقى بعض مواد صلبة متطايرة عليها فتصبح بها ذات قوة اشعاعية مؤقتة . واذا وضع غاز الانبعاث فى أنبوبة محتومة فان قوتها الاشعاعية تزول فى بضعة أسابيع .

هذا ولغاز الانبعاث والتشعاعات الصادرة من الراديوم كثير مما يلزم القارئ ويروعه ، ولكننى أشفق أن أرهق القارئ العادى بزيادة التفصيل . على أن هناك بعضا من النقاط تساعدنا على الاجابة على السؤال الذى جعلناه عنوانا للباب الآتى وهو : "هل الدينيا ذاهبة الى نفاذ ؟"

الباب الثانى والعشرون

هل العالم ذاهب الى نفاذ ؟

استخراج ثلاثة أرباع القوة الاشعاعية فى الرايوم — سينفذ الراديوم الموجود اليوم — أبو الراديوم — كفى يخفى الراديوم — من أين تأتى كل طاقة الراديوم — كيف نعرف أن الهيليوم من نواتج القوة الاشعاعية — أول استكشاف الهيليوم فى الأرض سنة ١٨٩٥ — هو مادة شديدة الكسر للضوء — تحولات حقيقية — الكيماويون الأفأكون — حياة العناصر ذات القوة الاشعاعية — لا توجد مناجم راديوم — القوة الاشعاعية فى المادة العادية .

إذا أخرج الحامى من برنيطة خالية أصنافا لانهاية لها من الأشياء نعلم جيدا انها لا تأتى من العدم ويمكننا أن نتنبأ أن سيأتى عليه وقت يكون فيه مهما أحكم حيلته قد استنفد كل ما فى مخزنه الخفى من الأقذاح والصناديق القابلة للانضغاط ، وأقفاص الطير والأرانب وغيرها . وكذلك الأمر فى الراديوم أبى العجائب . فما فى الناس ممن ينظرون فى الأمر من يتصور أن فى استطاعة أى جسم أن يستمر فى اطلاق جسيمات مادية من نفسه ويبقى بعد ذلك كما هو لم ينقص منه شىء . وعليه فلا بد أن يأتى يوم يفنى فيه الراديوم الذى عندنا فى الوقت الحاضر .

لا يدهش الانسان قليلا ، وللراديوم قيمته المعلومة ، أن يرى مالكة يذيب كثره بهدوء ويستخرج ثلاثة أرباع قوته على صورة غاز لا يمكن أن يبقى إلا بضعة أسابيع . نعم إنه يستطيع أن يغير المحلول ويستعيد أملاح الراديوم . ولكن هذه لا تملك يومئذ الا ربع قوتها الاشعاعية السابقة . فلا حاجة الى القول بأن صاحب الراديوم لا يقع فى هذا الخطل الا اذا كان واثقا أن الراديوم سيستعيد خواصه المفقودة بنفس السرعة التى فقد بها قوته غاز الانبعاث الذى استخلصه .

وبما أننا نعتقد أن الراديوم الذي نحضره اليوم سينعدم في بضعة آلاف من السنين فظاهر أن الراديوم الذي نحضره اليوم لا يمكن أن يكون موجوداً منذ عدة ألوف من السنين . قد نقول إن عمر الراديوم يتراوح بين ألفى سنة وثلاثة آلاف فن أين أتى الراديوم إذن ؟

إذا سقط "ساكن القمر" على هذا الكوكب وقدمنا له تفاحة حمراء ، فقد يعتقد أنها وجدت دائماً كذلك على الصورة التي رآها عليها ، ولكن إذا رآها آخذة في التحلل والنفاذ فلعله يظن أنها صورة مادية مؤقتة ، وإذا هو سقط في إحدى مدننا حيث لا يرى إلا تفاحاً يعبأ في أقفاص فلعل أصله يبقى لديه سرا مبهما . ولكن إذا هو أثناء تجواله في الخارج وجد هذا التفاح على بعض الأشجار دون سواها فانه يشعر أنه قد استكشف أم التفاح . فإين نجد الراديوم في الطبيعة إذن ؟

لا يقتصر الأمر على أننا نجد الراديوم دائماً في تلك المعادن التي تكون أشد وفرة في عنصر الأورانيوم بل إن هناك نسبة محدودة دائماً بين مقدار الأورانيوم ومقدار الراديوم في كل نوع من البتسبلند . فلا شك إذن في أن الأورانيوم هو أصل الراديوم .

وإذا اقتفينا سلم النسبة الى الأدنى من الأورانيوم الذي هو أثقل عنصر ، نجد بعض حقائق رائعة . لقد سبق لنا ان قلنا إن الهيليوم ابن الراديوم ولكن هذا القياس التمثيل في هذا الصدد غير كامل ، لأن ذرات الهيليوم نفسها تخرج من الأورانيوم على حسابه الخاص ، وبعد أن يلد الراديوم غاز الانبعاث نجد أن هذا الذي تولد من الراديوم يعطى نفس ذرات الهيليوم أيضاً . والواقع أننا نجد جسيمات ألفا هذه ، أى ذرات الهيليوم ، متجة فيما لا يقل عن سبع طبقات في شجرة النسب .

واذا أردنا أن نبحث الموضوع بالتفصيل نجد أن الاورانيوم ليس هو الأب المباشر للراديوم اذ توجد مرحلتان بين الاورانيوم والراديوم، وعليه فالاورانيوم هو الجذ الأكبر للراديوم . والراديوم يعقب غاز الانبعاث مباشرة ، وهذا تعقبه طبقات ثمان على الأقل . ويميل رواد الباحثين الى الاعتقاد بأن النتائج النهائية سيكون هو ذلك العنصر المعروف بالرصاص .

اذا كانت ذرات الاورانيوم آخذة في التفتت وتكوين ذرات راديوم وذرات هيليوم فما لاشك فيه أن تكون كل ذرة من هذه الذرات أخف من ذرة الاورانيوم . إن الوزن الذرى للأورانيوم هو ٢٣٨ والوزن الذرى للراديوم ٢٢٥ أما الهيليوم فوزنه الذرى ٤ فقط . فلا غرابة اذن اذا نحن توقعنا أن تكون منتجات الراديوم ذات وزن ذرى أقل من الراديوم . وعليه فاذا كان الرصاص هو ناتج محتمل فلا بد أن يكون أخف من الراديوم والواقع كذلك ، فإن الوزن الذرى للراديوم هو كما قلنا ٢٢٥ ووزن الرصاص الذرى ٢٠٧

يظهر من هذا تماماً ، من غير حاجة الى الدخول في التفصيل ، أن بعض العناصر آخذة في التحلل بحيث يكون كل ناتج أقل من أبيه .

فكر من أين تأتي طاقة الراديوم ؟ لا يستطيع الانسان أن يحصل على طاقة من العدم وإن كان المتفائلون القائلون بالحركة الدائمة بطيئين في ادراك ذلك . لقد سمعت بعض الناس يقولون إن الطبيعة تعطي في هذه الحالة أكثر مما تطلب في مقابل ذلك ، وقد استشهدوا على ذلك بالرافعة العادية ولكن لحظة من التفكير تكفى لتبديد فكرة استراق الطاقة بواسطة رافعة . نعم إن الانسان قد

يستطيع أن يحرك حجرا ثقيلا بواسطة رافعة وإن كان لا يستطيع أن يحركه بتوجيه كل طاقاته الى الحجر مباشرة . ولكن الانسان قد يستطيع أيضا أن يحمل شحنة عربية من الفحم الى أعلى البناء بتناوله اياها قنطارا فقنطارا وإن كان لا يستطيع أن يرفع طن الفحم دفعة واحدة . لاحظ أن الرجل ذا الرافعة مكافئ أن يحرك طرفها السائب خلال مسافة كبيرة لاحداث حركة بسيطة جدا في الحجر . ونقول لنا نظرية بقاء الطاقة إن الطبيعة لا تعامل الا بطريقة جدية فهي تتطلب أن نعطيها معادلا لما تعطينا اياه .

رأينا أن الراديوم لا ينقطع عن أن يشع مستندا مقدارا فوق العادة من الطاقة، فمن أين يحصل على هذا المدخر الذي يلوح أنه لانهاية له ؟ بكل تأكيد هذا المدخر ذاتي و آراؤنا اليوم في تكوين بنية الذرة تدل على أن ما يستخرج منه هو الطاقة الباطنية للذرة . فان الكهارب الدائرة التي تكون الذرة لاتفتأ تتخلص من معاقلها . بعضها اذ ذاك ينطلق حرا وبعضها يتجمع ليكون ذرات ذات وزن ذري أخف .

إن تكن فكرة أن الرصاص هو الناتج النهائي للراديوم فكرة فرضية فان فكرة أن الهليوم ناتج من نواتج الراديوم قد صادفت ما يعززها بالبرهان التجريبي ، ومما تله الانسان معرفته هو كيف أمكن الحصول على هذا البرهان .

لا يسمع الانسان بالهليوم الا بالاضافة الى العلوم ، اذ الواقع اننا لم نعلم بوجوده في هذا الكوكب الا منذ عهد قريب . كان سيرنورمان لوكيار منذ أكثر من جيل مضى يفحص الرسالة اللاسلكية التي تبعثها الشمس ويتصيدا المرقب الطيفي فعثر بخط طيفي لم يسبق اكتشافه . وكان هذا الخط الطيفي الذي لفت

نظره قريبا من أحد خطوط الصوديوم في القسم الأصفر .
ولاحظ سير نورمان أن هذا الخط الخاص ليس تابعا لأي طيف
معروف . فقبل انه عنصر في الشمس غير معروف في الأرض
ولذلك سماه هيليوم اشتقاقا من كلمة هيلوس (Helios) الأغريقية
ومعناها الشمس . وقد وجد هذا العنصر في كواكب أخرى . وما
هو جدير بالذكر أنه لا يوجد الا في أسخن الكواكب . وعليه
يجب أن ترتقب أن يكون الهيليوم عنصرا خفيفا جدا ، لأننا
نعتقد أن أخف العناصر أولها في سلم التناثر الحادث في تبرد
الكواكب . لم يكن في استطاعة لوكيار أن يقدّر وزنه الذري مادام
هذا العنصر على هذا البعد السحيق ، ولكن لما وجد بعد ذلك على
هذا الكوكب عين وزنه الذري ووجد أنه ثاني عنصر معروف
في الخفة ، اذ الأول فيما هو مدون هو الايدروجين .

قبل استكشاف الراديوم كان سيرويليام رمساي بلندن يفحص
أطياف غازات يشتمل عليها صنف من البتشلند يعرف باسم كليثيت
(cleveite) فاستكشف نفس الخط الطيفي الذي وجده سير نورمان
في الشمس والنجوم قبله بنحو خمس وعشرين سنة . وقد استكشف
الهيليوم في كوكبنا ولوحظ لأول مرة في سنة ١٨٩٥ والاستكشاف
في ذاته عظيم لأن مقدار غاز الهيليوم الموجود في البتشلند طفيف
جدا جدا . سبق لي في أحد الأبواب الماضية أن ألمعت الى أن من
فوائد القدرة على انتاج الأطياف بواسطة شرارة كهربائية إمكاننا
مشاهدة الخطوط الطيفية لمقادير طفيفة من الغاز . ولقد كانت
هذه هي الطريقة التي ساعدت سيرويليام رمساي على استكشاف
الهيليوم .

بعد هذا الاستكشاف أصبح العلماء الفوسيقيون على علم بطيف
الهيليوم ، اذ هو يبدى خمسة خطوط واضحة منتشرة على مدى

الطيف المنظور . وقد نلاحظ هنا أن الهيليوم عنصر مستقل تام الاستقلال ، لأنه لا يدخل في شركة مع أى عنصر آخر ، فهو أحد الغازات القليلة الحاملة التي تستعصى على كل محاولة يراد بها اتحاده كإيوايا غيره ، وفضلا عن هذا فإن للهيليوم صفحة تاريخ خاصة ، فقد استعصى على الكيماويين إلى عهد قريب أن يسيلوه . فإن أوطأ درجة حرارة تسيل عندها الغازات الأخرى لا تؤثر في الهيليوم .

ووجه الأهمية الحاضرة من خطوط هذا الغاز الكاسر للضوء هو في الاقتراح الذى أبداه الأستاذ روثرفورد ومستر سودى إذ قالوا : إن الهيليوم ناتج من نواتج القوة الاشعاعية . فإن وجوده في مادة البتشبند يلوح أنه يدل على ذلك . ولكن هذا الموضوع غير مفتوح الباب للمحدث والتخمين . كان سير وليم رمساي ومستر سودى يفحصان طيف الغاز المنبعث من الراديوم ، وهو ذو طبيعة غير ثابتة ، وبعد بضعة أيام شاهدا بعض خطوط لامعة آخذة في الظهور ، واذ أصبحت هذه الخطوط بيئة شيئا فشيئا دلت على أنها رسالة لاسلكية من بعض ذرات الهيليوم . على أن هذه الذرات لم تكن في الأنبوبة عند ما لحمت وختمت كما أنه لا يمكن أن تكون قد دخلت إليها مخترقة زجاج الأنبوبة . فيلزم من ذلك أن تكون قد تولدت في باطنها . لا مشاحة في أن الهيليوم كان ناتجا من نواتج الغاز المنبعث من الراديوم وأن هذين العالمين قد شهدا بذلك مولد الهيليوم في معملهما .

بفضل الاستكشاف المشار اليه يمكننا أن نفهم كيف أن الهيليوم يوجد دائما في المواد ذات القوة الاشعاعية . ليس هناك أقل شك في حدوث تحولات فعلية في باطن البتشبند . تكسرت ذرات الأورانيوم وكونت ذرات الراديوم وأصبحت ذرات الراديوم غير ثابتة وأطلقت بعض ذرات هيليوم . انى أهمل ذكر ذرات الانبعاث لأنها قصيرة العمر جدا .

ليت شعري ما ذا يقول كياويو القرون الوسطى لو انهم عادوا اليوم من الأحداث وعلموا أن التحولات التي كانوا يقولون بها ويعتقدونها تحدث اليوم فعلا في الطبيعة. لا مشاحة في أن الأفّاكين الأمريكيين الذين ادعوا حديثا أنهم استطاعوا تحويل الفضة ذهباً ليسوا علميين . اذا خطت الطبيعة من تحويل الى تحويل فانما يكون ذلك دائما من الذرة الأثقل الى الذرة الأخف ، فالأوزان الذرية للأورانيوم والراديوم والرصاص هي على التوالي ٢٣٨ و ٢٢٥ و ٢٠٧ أما هؤلاء الكياويون الأفّاكون فادعوا أنهم حولوا الفضة ووزنها الذري ١٠٧ الى ذهب ووزنه ١٩٧

عند ما نبحث تعداد النفوس في قطر ما لا تفوتنا ملاحظة معدل المواليد ومعدل الوفيات وكذا متوسط السن في المجموع ، واذا أردنا أن نجري تعدادا للعناصر ذات القوة الاشعاعية فلا بد لنا أن نجري على خطة كالسابقة . من معدل الوفيات أو معدل التحلل في الأورانيوم نجد أنه ذو عمر أطول بكثير من عمر الراديوم ولعله يبلغ حوالى ستة عشر مليون سنة ، ومن ثم كان الأورانيوم أكثر بكثير من الراديوم ولكن ما يعوز الراديوم من حيث العمر يعوضه في القوة . حياة أقصر بيد أنها أسعد . وكذلك الأمر في الراديوم و”انبعاثه“ فان عمر الانبعاث قصير جدا بالقياس الى عمر الراديوم ، وهو أشد قوة اشعاعية من الراديوم الذى هو مشتق منه .

ظاهر جدا أن المواد الشديدة القوة الاشعاعية يلزم أن تكون نادرة ولا يجهل بالمؤلف الروائى في المستقبل أن يصير بطل رواية له صاحب ملايين بعثوه على منجم راديوم يستطيع أن يستمد منه طاقة لا تنفد ، اذ المعقول أن لا يبقى من البطل شيء يتمتع ببقيته المستحيلة الحدوث لأننا نعلم أن أصغر مقدار من الراديوم يحدث تأثيرات فيسيولوجية

خطيرة في الجسم الانساني . روى عن المرحوم الأستاذ كيورى أنه قال : إنه لو وجد في غرفة كيلو جرام من الراديوم الخالص ما دخلها لأنه يتلف بصره ويحرق جلد كل جسمه وربما قتله .

فتحنا هذا الباب بمثل الحاوى الذى يخرج أشياء من جراب مخفى واتفقنا على أن ما لديه منها سيفرغ حتما في وقت قريب أو بعيد ، وكذلك الأمر في الراديوم وغيره من الأجسام ذات القوة الاشعاعية . ولكن هذه الحقيقة لا تبرر القول بأن الدنيا ذاهبة الى نفاد لأننا اذا فقدنا كل الأورانيوم والراديوم وكل الأجسام ذات القوة الاشعاعية لم يستفد كوكبنا بحال . على أن العالم العلمى قد أخذ يبحث عن خواص القوة الاشعاعية في المادة العادية ، فقد قيل باحتمال وجود بعض هذه العناصر ذات القوة الاشعاعية موزعة خلال الطبيعة أو بأن المادة العادية ذات قوة اشعاعية بذاتها .

وجد أن الماء المنبعث من العيون المعدنية في مدينة باث (Bath) بانجلترا ذو قوة اشعاعية ، ووجد أن هواء المغارات والأقبية حائر هذه الخاصة الحديدية للمادة بدرجة غير عادية بمحنة . بل لقد تبين أن الجو العادى نفسه ذو قوة اشعاعية بدرجة طفيفة جدا ، ووجد أحد علماء الطبيعة بكامبرج أن المطر الحديث السقوط ذو قوة اشعاعية ، وكانت طريقة الاستدلال على ذلك بسيطة . أخذ قليلا من المطر الحديث السقوط في وعاء بلاتين صغير ونجر الماء بسرعة عظيمة يتسخينه ، وعند ما اختبر هذا الوعاء المشتمل على راسب غير منظور وجد أنه قادر على تفريع كشاف (الترسكوب Electroscope) وقد اتضح أن هذا مسبب عن خاصة قوة اشعاعية اختفت في بضع ساعات . أما ماء الحنفيات العادى أو ماء المطر الذى يكون قد سقط منذ مدة ما فانه عند ما يعامل كما يعامل الأول بالضبط لا

بيدى دليلا على وجود قوة اشعاعية ، وان كان الهواء الذى يخرج على صورة فقاعات من خلال بعض مياه الخنفيات وجد ذاقوة اشعاعية . هذه الوقائع تدل فيما يلوح لنا على أن القوة الاشعاعية خاصة عامة للمادة ، بيد أن هذه المسألة لا يمكن البت فيها فى الوقت الحاضر .

إن الرجل الذى يختلس النقود بمقادير كبيرة أسهل على الاستكشاف بكثير جدا من الذى يسرق قليلا قليلا منها فى مدى وقت طويل ، بل لسوء الحظ قد لا يستكشف هذا الأخير بيتانا .

رأينا أن الكهارب تنطرد باستمرار عن الأسلاك المحمأة الى درجة الاحمرار ، وعن لهب الشموع ، وعن جميع الأجسام فى حالة الاحتراق . هذه الكهارب تأتى حتما من مكان ما ، كأعمال الحاوى ولكن هذه الكهارب هى بلا شك من البعض القابل للانفصال الذى يكره على ترك ذراته .

ويظهر أن التفاعلات الكيماوية تسبب أيضا تحللا فعليا فى المادة على نطاق صغير جدا . ذكر الدكتور جوستاف لوبون البلجيكي (Dr. Gustave Le Bon) أنه أثبت هذا الأمر قطعا بتجارب .

ممكنا جدا أن تكون المادة جميعها ذات قوة اشعاعية وان لم يكن فى استطاعتنا معرفة ما ينقصها ، بل الواقع أنه يحتمل فيما يبدو لنا أن الدنيا ذاهبة بالتدريج البطيء جدا جدا الى التفاد .

وعندنا من جهة أخرى بيانات كوكبية على أن أسخن النجوم متكون من أخف العناصر وحدها ، أما الذرات الأثقل فلا تظهر فى النجوم الا عند ما تأخذ فى التبرد . ويخيل لنا أن هذا يدل على تناشؤ قد يعادل التحلل الذى أشرنا اليه ، وبهذا تم عندنا دورة تامة من الحوادث .

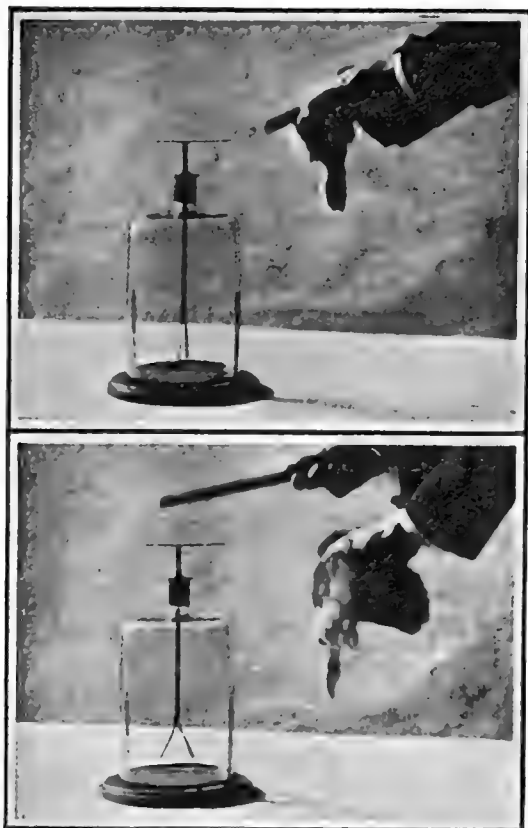
الباب الثالث والعشرون

سبب القوة الاشعاعية

الذرات ذات الانتظامات غير الثابتة - كيف نعبّر عن حياة مقدار من الراديوم -
تغير وراء مناوئنا حاسية المرقب الطيفي - من أين أتت الطاقة الباطنية للذرة
في الأصل ؟ .

عند ما كنا في صدد تركيب الذرة رأينا كيف أن الكهارب
تكوّن انتظامات معينة تبعا لعدد الكهارب التي تشتمل عليها
الذرة . وساعدتنا الصورة الافتتاحية على تكوين صورة ذهنية
محدودة عن الذرة .

وقد أبان الأستاذ ج . ج تومسون أن من هذه الانتظامات
ما هو غير مستقر فهو عرضة للتهدم ، وذرات العناصر ذات القوة
الاشعاعية تدخل في هذا الفريق . لو كانت الذرات التي تكون
عينة من الراديوم تتكسر جميعها في وقت ما لاختفى الراديوم
دفعه واحدة . أما إذا لم تهدم منه إلا ذرة واحدة في كل عشرة
ملايين ذرة فلا بد من أن يستغرق تمام تحزبها وقتا ما . واذ
يوجد ألف مليون مليون مليون ذرة في كل جرام من الراديوم
فظاهر أن بين يدينا ما يكفي من مادته للظهور والعمل الطويل .
وإذا قسمنا مجموع الذرات على عدد ما يتهدم منه في الثانية نجد
أن جرام الراديوم يستغرق نفاده ثلاثة آلاف سنة تقريبا . تلك
على كل حال طريقة تقريبية لشرح وقائع الحال ، اذ المعروف أنه
كلما قل حجم الراديوم لم يفقد المقدار بعينه كل سنة . كلما زاد
تهدم الراديوم زاد بطء الباقي منه في التهدم . وأنه من أجل هذا
القانون يكون أيسر علينا أن نقول إن الراديوم يحل نصف ذراته
في ألف وثلثمائة سنة .



الكشاف الكهربائي في حالة استعماله

هناك بكرة من الزجاج نحى فصيا من المعدن معزولا متصلا بطرفيه الأسفل قطعتان من ورق الذهب . عند ما يمد أي جسم مكهرب من القرص المعدني المتصل بالطرف الأعلى من القضيب تصبح ورقات الذهب مشحونة بالكهرباء وتنافران كما يرى في الصورة السفلى . ويمكن استكشاف وجود الراديوم بواسطة مجس كهربائي يكون قد شحن من قبل كما هو مفسر في المتن .

وبناء على هذا القانون نفسه نجد أن "انبعاث" الراديوم على كونه يستغرق بضعة أسابيع للتهدم تماما ، لا يمتحن منه الا نصفه في آخر الأيام الأربعة الأول . وإذا عالجنا الأورانيوم بالطريقة عينها نقول إن نصف مقداره يمتحن في نهاية ستائة مليون سنة .

ومما يطرب النفس أن نلاحظ أن هذه السرعة في التحلل أو التهدم ثابتة وأنه ليس في وسع الانسان زيادتها أو نقصها . على أنه لا يحسن بنا أن نقطع فنقول إن الانسان ان يستطيع أن يزيد سرعة التهدم الطبيعية في الأجسام ذات القوة الاشعاعية . من ذا الذي كان يصدق منذ قرن اننا نستطيع الحصول بتاتا على جسيمات أقل من الذرات تنقل مقادير بالغة من الطاقة من مكان الى مكان ؟ ومع ذلك فهذا ما يحدث فعلا عندما ترسل قوة كهربائية على امتداد سلك ثابت . من ذا الذي كان يعتقد أن في استطاعتنا أن نعمل هذه الجسيمات الخفية على نقل كلامنا الى بلدان بعيدة والاتيان لنا مباشرة بأنباء ما يجري في العالم المتمدن ؟

أما فيما يختص بالمواد ذات القوة الاشعاعية فكل ما نقوله فعلا هو أننا اليوم لا نستطيع أن تؤثر في تغيرات القوة الاشعاعية الجارية في الطبيعة . قد نحى المادة الى أعلى درجة مستطاعة أو نعرضها لأوطأ درجة حرارة ممكنة ، ومع ذلك تستمر سرعة التغير الثابتة ثابتة على حالها .

الصورة المقابلة لصفحة ١٩٩ تساعدنا على ادراك مقارنة بين دقة ميزان كياوى وبين مرقب طيفي . نحن نمجب لقدرة المرقب الطيفي على استكشاف جزء من مليون من مليجرام من المادة ، فإذا نقول اذا خبرنا أن الكشاف الكهربائى (Electroscope) أشد حسا من المرقب الطيفي مليون مرة ؟ (انظر الرسم)

في باب سابق حاولنا أن نصور جزءاً من أربعة ملايين من الرصاص الذي مسح عن قلم رصاصي عند كتابة كلمة واحدة مبينة في الرسم ، ووجدنا أن المرقب الطيفي يستطيع أن يستكشف مثل هذه الأتارة المادية المتناهية في الصغر . والآن نعلم أن جزءاً من مليون من هذه الأتارة المتناهية في الصغر يمكن استكشافه بواسطة الكشاف الكهربائي إذا كانت المادة ذات قوة اشعاعية كالراديوم . مثل هذه الأجزاء من أتارة من المادة متعذرة على النظر ، بعيدة جداً عن متناول تخيلنا ، فإذا نقول اذن عن الجزيئات والذرات والكهارب التي تشتمل عليها مثل هذه الأتارة التي لا ترى ؟

بالميزان الكهربائي نستكشف المادة يجذب الأرض لها ، وبالكشاف الكهربائي نستكشف المادة بأمواج الأثير التي تبعثها كهاربها الدائرة . بالكشاف الكهربائي نستكشف المادة ذات القوة الاشعاعية بقدرتها على تحويل (Ionize) الهواء الى ايونات وبذا تحمل الشحنة الكهربائية التي سبق أن أعطيت للآلة . لولا هذا المستكشف البالغ في الدقة لم نستطع أن نعرف وجود بعض العناصر ذات القوة الاشعاعية المعروفة لنا اليوم .

لا شك في أن سبب القوة الاشعاعية هو تحلل الذرة ، فانه بسبب كون الذرات آخذة في التهدم وتكوين ذرات أخف وزناً ، وفي عملها هذا تطلق كهارب ، نحصل على ظاهرة القوة الاشعاعية الشهيرة .

نحن نعلم أن المظهر الخارجي للطاقة مسبب عن الطاقة الباطنية للذرة ، ولكن من أين أتت هذه الطاقة ؟ قال المرحوم اللورد كلفن في خطاب سبقته اشارتنا اليه « إن طاقة الراديوم هي بلا شك مسببة في الأصل عن درجات الحرارة الشديدة الارتفاع التي حدثت ولا تزال تحدث في الكون » ولكن أليس يلوح أنه

غير ضرورى أن نخص الراديوم بالذكر في هذا الصدد ؟ ليس هناك الا قليل من الشك في أن الطاقة الباطنية لجميع الذرات قد اشتقت في الأصل من درجات الحرارة التي كانت منتشرة عندما تجمعت الكهارب بعضها مع بعض لتكوّن الذرات . والواقع أن كيمياء النجوم تلوح كأنما تدل صراحة على أن العناصر الأخف وزنا تكونت أولا في أسخن الكواكب ، وأن أثقلها وزنا لم تظهر الا في درجات الحرارة الدنيا . نحن نعلم أن جميع العناصر ذات القوة الاشعاعية لها ثقل وزن ذرى معروف . ويخيل الى أن هناك من يقول إن هذا يشبر الى أن أخف العناصر تشتمل على أعظم طاقة باطنية ، ولكن يجب علينا أن نتذكر أن أخف العناصر يحتوى أقل الكهارب عددا .

حقا إننا لا نملك دليلا عن الطاقة الباطنية التي تشتمل عليها ذرة الحديد مثلا ولكن هذا ناشئ عن كون الطاقة محتبسة في باطن الذرة ولا يعتمدها أى تغير ظاهر كالذى نراه في الذرات ذات القوة الاشعاعية . ولا يتأتى لنا إدراك أية فكرة عن الطاقة الا عند ما يكون هناك تغير أو تحول .

الباب الرابع والعشرون

ما هي الجاذبية ؟

نيوتن ونظرية الجاذبية - حكاية التفاحة التي سقطت ، فكرة نيوتن - جبوط العمليات الحسابية الخاصة بنظريته - تغير الحال بسبب ذبوع مقاس جديد للأرض - استكشاف عظيم - حكايات طريفة عن نيوتن وتقديراته الرياضية - ضرورة وجود وسط للجاذبية - أين تدخل الكهارب ؟

بينما تجد أشد القراء تدقيقا لا يصرون على أن يتناول الانسان كل موضوع علمى فى مجلد كهذا ترى فى القراء من يسوؤه أن لا يعنى الكاتب عناية خاصة بموضوع مهم مثل طبيعة الجاذبية .

ان اسم سير اسحق نيوتن شديد الاتصال جدا بموضوع التناقل حتى لتجد فى الناس عددا غير قليل من وقرت فى نفسه الفكرة القائلة خطأ بأن نيوتن هو أول من لاحظ قوة الجاذبية ، بله انه مستكشفها . لا حاجة بنا الى القول ببطلان ذلك . فان الانسان لا يمكن أن تفوته ملاحظة هذه القوة وهى بارزة الظهور فى ماجرئات حياتنا اليومية ، وقد كان لهذه القوة فى عهد نيوتن اسم خاص كما لها اليوم بيننا . درس كثير من الفلاسفة مسألة الجاذبية درسا جديا قبل عهد نيوتن ولكن نيوتن هو الذى استكشف القوانين الخاصة بالجاذبية وطبقها على الكون جملة .

زعم بعضهم قبل عهد نيوتن ان الشمس تجذب الأرض والكواكب الأخرى ، ولكن نيوتن هو الذى أثبت أن القوة الجاذبة هى الجاذبية التى نرى أثرها فيما حولنا على سطح هذا الكوكب .

أذكر وأنا صبي إذ كنت عضواً في جمعية أدبية للجدل والمناقشة مؤلفة من أعضاء كلهم صبية مثل أن أحد الأعضاء قرأ موضوعاً على استكشاف نيوتن للجاذبية كانت فيه التفاحة التي سقطت عن الشجرة ذات الشأن الأكبر ، ولما علمت بعد ذلك أن نيوتن لم يستكشف الجاذبية أسقطت قصة التفاحة أيضاً . والواقع أن كثيراً من كتاب اليوم في السنوات الأخيرة يعدون هذه القصة خرافية ، ولكن مما يهم أن رجلاً ثقة مثل فولثير يقرر صدقها ، إذ أيدتها ابنة أخت نيوتن نفسها وكانت تعيش مع ذلك العالم الكبير .
حقاً إن شجرة التفاح عاشت قرناً ونصفاً وكانت معروفة في السنوات الأولى من القرن الماضي ثم ألقها الريح صريعة في سنة ١٨٢٠

لإمكان تقدير حكاية التفاحة الساقطة يجب علينا أن نتذكر أنه لم يوجد حتى ذلك الوقت (سنة ١٦٦٥) من يربط القوة التي تجذب الكواكب السيارة بالشمس بالقوة المعروفة اليوم باسم الجاذبية . كانت الجاذبية في اعتبار الناس قوة محلية تعمل على سطح الأرض . ولعل القول بأن هذه القوة قد تمتد خارجاً في الفراغ إلى مدى ملايين من الأميال كان يلوح مستحيلاً جداً . ولقد أعطى الفلاسفة للكواكب أثيرات تسبح فيها حول الشمس .

لا شك أن نيوتن قد تحير غير مرة في طبيعة القوة التي استكشف أنها موجودة بين الشمس والكواكب . ولعله كان يفكر في هذه المسألة عند ما كان جالساً في حديقته وهو في الثالثة والعشرين من عمره . سقطت تفاحة عن شجرة . نعم ولكن نيوتن قد شاهد قبل اليوم تفاحاً يسقط . وعلى كل حال فقد خطر له على حين بغتة أنه ربما كانت هذه القوة بعينها هي التي تجذب القمر إلينا وتجعله مستمراً في السقوط دائراً حوالى الأرض . فلم يلبث أن أخذ يعمل حساباً

ليعرف منه: هل قوة الجاذبية هي الأصل في جذب الأرض للقمر أم لا . ولقد كان أساء عظيما عندما وجد ان أرقامه أثبتت أن تلك القوة ليست كافية لتعليل مقدار سقوط القمر في الثانية الواحدة . فانه بدلا من أن تأتى نتيجة الحساب بمقدار ١٦ قدما في الثانية أمت بمقدار ١٤ قدما تقريبا في الثانية ، على أن نيوتن كان رياضيا عظيما وكانت حسبته صحيحة، ولذلك اضطر أن ينفي أن الجاذبية هي القوة العاملة . والواقع أنه لم يذكر فكرته هذه لأحد في ذلك الوقت مطلقا بيد أنه وضع ورقة الحساب جانبا .

وبعد ستة عشر عاما رجع نيوتن الى هذا الموضوع لاعتقاده أن فكرته السابقة يلزم أن تكون صوابا . وكذلك سمع أن بيكارد (Picard) الباريسي قد عمل للأرض مقياسا طريفا ودقيقا أثبت به أن الأرض أكبر كثيرا مما قدر في السابق . ومن شأن هذا بطبيعة الحال أن يغير أركان حساب نيوتن ، لأنه اذا كانت الأرض أكبر جرما فلا بد أن تكون قوة الجذب أعظم ، ولا بد أن يسقط القمر في الثانية أقداما أخرى . ولم يلبث نيوتن ان أعاد حسابه السابق مؤسسا على هذه المعلومات . وسرعان ما رأى أن الأرقام آخذة في القرب من الصحة . وبزغ نور هذا الاستكشاف بتمامه عليه . فلم يستطع لشدة اضطراب نفسه أن يكمل عملياته الحسابية . ثبت لديه في النهاية صدق نظريته الأصلية . استكشف هذا الرجل خطة الخالق العظيم في كونه ، عرف أن الجاذبية المتبادلة هي المسيطرة على جميع الاجرام السماوية في جذبها بعضها لبعض . ولا نبالغ اذا قلنا إن هذا الاستكشاف كان ذا أهمية عظمى .

وقد عمل نيوتن كل العمليات الرياضية الخاصة بهذا الموضوع على وجه التمام والدقة حتى لم يدع لأجيال المستقبل مسألة

الا استكشاف طبيعة هذه القوة . وقد مر قرنان وأكثر والمسألة باقية كما هى لم تحل .

ويقص أصدقاء نيوتن حكايات لذينة ترمى كلها الى بيان كيف أن ذهنه كان منصرفا الى المسائل الرياضية المتصلة بموضوع الجاذبية . قالوا انه قد ينهض فى الصباح ولكنه قبل أن يتم ارتداء ملابسه كان يأخذ فى عملياته الحسابية ويبقى مشغلا بها حتى يوغل فى النهار ايقالا . وكان ينسى نسيانا تاما أنه لم يتناول أقساط غذائه فى حينها .

ويروى أحد أصحابه عنه حكاية لطيفة وقد زاره ذات مرة وهو مشغول فى مكتبه : أتى الغداء ولكن ذلك الرجل العظيم ظل يشتغل فى غرفته ، وأخيرا جلس الصديق وأكل الغداء الذى كان قد أعد لنيوتن . ولما بدا الفيلسوف العظيم بعد ذلك بمدة اعتذر لصديقه من تركه اياه ينتظر . وجلس الى المائدة ولكنه عند ما رفع غطاء المائدة ووجد الأطباق خالية زعم أنه نسى أنه قد تغدى فعلا .

ليست صعبا علينا فى حل مسألة طبيعة الجاذبية مسببة فى الواقع عن نقص فى خبرتنا ، اذ ليس فى القوى ما يقع تحت نظرنا على الدوام كلما جلنا فى سبيل حياتنا اليومية مثل هذه القوة . إن جانب الرياضيات فى الموضوع كامل لدينا الى درجة نسى الناس عندها ضرورة وجود وسط مطلقا . نعم ان كمال قوانين نيوتن فى الجاذبية قد دعا الناس الى الاطمئنان الى فكرة "التأثير على بعد" ولكن لا يفوتنا أن نيوتن نفسه كان يعتبر هذه الفكرة منكزة الى درجة أن قال "لا أظن أن رجلا ذا قوة تفكير صحيحة فى المسائل الفلسفية يقع فيها مطلقا" . حاول نيوتن أن يؤلف نظرية طبيعية بالفعل

الجاذبية ففرض وجود وسط ذى أضغاط متفاوتة تعمل على الأجسام . واقترحت نظريات أخرى كثيرة بعد ذلك . زعم بعضهم أن جميع الفراغ مملوء بجسيمات دقيقة تجرى هنا وهناك في جميع الاتجاهات وتحدث ضغطا على جميع الأجسام بضرب متواصل « وأن الجسمين يقيان بعضهما بعضا من هذا الضغط على الوجهين المتقابلين بحيث ان الضغط الحادث على الوجوه الخارجية يدفع الجسمين بعضهما صوب بعض . ولكن لم يعتبر هذا الرأي وجيها وبسطت نظريات أخرى على قاعدة الكريات ، وحاول آخرون أن يفسروا القوة الثقالية ويعزوها الى اهتزازات الأثير ، ولكن هناك اعتراضات قاضية على هذه الفكرة أيضا . وعلى كل حال فانا نثق أن الوسط هو الأثير الكلى التخلل وان لم يوجد من يعلل طبيعة التوتر الحادث فيه . انا نشد حجرا مبعدين به عن الأرض ، ومع ذلك فهذان الجسمان يؤثران بعضهما في بعض .

وقبل عهد نظرية الكهارب رؤى انه اذا كانت المادة عبارة عن تخلخل في الأثير فلا بد أن يحدث ضغط من الأثير صوب مثل هذا الفراغ الجزئى . ويكون الضغط الحادث بين مثل هذين الفراغين الجزئيين أقل من مسافة الفراغ الموجود بينهما حتى يمكن أن يتدفع بعضهما الى بعض . واذا اتضح أن الكهارب عبارة عن أثير متخلخل فان هذه الفكرة يمكن تميمتها حتى تصبح نظرية وجيهة .

لنفرض لحظة أننا نستطيع أن نتصور الكهارب الدائرة محدثة نوعا من الفراغ الأثيرى داخل الذرة . فكلما كثر عدد الذرات كثر الفراغ ، وعليه يكون الضغط أشد بحيث يضطر كل المادة الى التحرك معا . ويحتاج الأمر الى جهاز حساس دقيق جدا لكشف التجاذب بين أى قطعتين من المادة ؛ إن أثر جذب الأرض

عليهما أشد بكثير جدا . والواقع أن جميع القوة الجاذبية صغيرة جدا وانما نلاحظها بسبب عظم كتلة مادة الأرض . أما الجذب الكهربي فهو أنشط من الجاذبية بملايين من المرات . ففي الصورة المقابلة لصفحة ٤٧ ترى كيف أن الجذب الكهربي أقوى بكثير جدا من الجاذبية .

ومهما يتضح من أمر الجاذبية في المستقبل فإن هناك بيانات كثيرة على أنها ثابتة وانها لا تتأثر بحال ما بسبب أى تغيير نحدثه في حالة الذرات أو كهاريها ، ولكننا مع ذلك لا يمكننا أن نؤثر في صلب جسم الدائرة التي تتألف منها الذرة ، فهي ثابتة ، وعليه فإن لنا أن نأمل أن تأتينا نظرية تربط هذه الكهاريب الدائرة بالآثير ، وتحدث ضغطا ثابتا حيث توجد المسادة . نعم مضى قرنان منذ أبرز نيوتن عمله العظيم للعالم ولكنا لا نفتأ نأمل أن تستكشف طبيعة هذه الجاذبية .

ولست الجاذبية الأرضية وحيدة في هذا الصدد . قال لورد كلفن ، بعد حياة طويلة قضاه في خدمة العلم ”لو اننا نستطيع أن ننحدر على أقل إشارة الى كيفية قفز قطعة الورق الصغيرة الى الراتنج المدلولك أو ذرة الحديد الى حجر المغناطيس لكننت سعيدا جدا ولاقتنعت مؤقتا ، فلا أسأل الأثير شيئا آخر حتى ولا الجاذبية“ .

الباب الخامس والعشرون

ما هي الكهرباء الموجبة ؟

الظل الحادث من عائق يوضع في أشعة موجبة — الجسيمات الموجبة . تجارب
سيرتومسون — كيف تعرف الأشعة الموجبة — كيف يجعل سلوكها بينا ويدون —
الشحنة الموجبة تكون متصلة على الدوام بذرة من المادة — استكشاف الذرات
المختزنة -- فائدة هذه الطريقة الجديدة من التحليل .

مما ذكر في الأبواب السابقة يتضح أنه لا يمكن أن يوجد جواب
مباشر للسؤال الذي جعلناه عنوانا لهذا الباب . بيد أن السؤال
في ذاته مهم، وعلينا ما يدعونا إلى الاعتقاد بأن فيما عمله سيرتومسون
الكاميردجى بداية حقيقية في سبيل الجواب عليه .

بين التجارب العديدة التي عملت عن الجسيمات السالبة واحدة
فيها حملت الكهارب الطائرة داخل أنبوبة تفريغ على أن تصدم
صليبا معدنيا فتلقى بذلك ظلا للـ صليب على ذلك الجزء من الأنبوبة
الذى وقى من الضرب . لاح هذا الظل بالضرورة على جدار الأنبوبة
الذى كانت الكهارب تطلق صوبه .

وقد وجد أن في الامكان انتاج ظل مماثل لذلك عند الطرف
المقابل من الأنبوبة، عند ما يوضع صليب معدنى فيما يسمى فراغ
كروكس المظلم . من هذه الظاهرة اتضح أن الأشعة الموجبة يلزم
أن تكون سائرة في الانجاه العبادر من القطب الموجب (المعدن)
كما أن الأشعة السالبة تسير من القطب السالب (المهبط) .

رأينا أن الكهرباء السالبة متكوّنة من جسيمات متناهية
في الصغر، وقد أصبحنا على علم بتلك الكهارب . وقد يزعم الانسان
أن الكهرباء الموجبة سيتضح انها مكوّنة من جسيمات منفصلة
ولكن لا يوجد أثر يدل على أن الكهرباء الموجبة ذاتية منفصلة

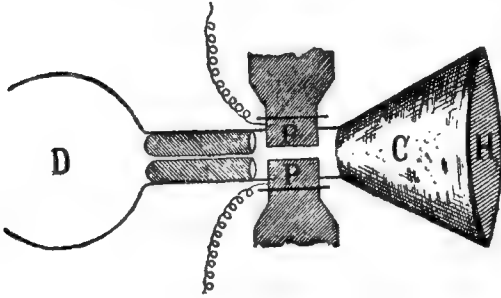
اننا نستطيع أن نتيج مجرى من الكهرباء السالبة خالصا تمام الخلاص من المادة، ولكننا لانستطيع ذلك في الكهرباء الموجبة اذ يظهر أنها مقيدة في ذرات المادة .

الجسيمات الموجبة هي في الحقيقة ذرات من المادة فقدت تلك الكهارب السالبة التي يمكن أن تزال عنها . هذه الحالة تنشأ عن صدام تيار من الكهارب للذرات ، في مرور الايكترونات . البرق من القطب (المصعد) الى القطب (المهبط) . نقول إن الغاز قد أصبح محلا لا يونات، وهذه الذرات من المادة ، وقد شحنت . الآن ايجابيا ، تندفع صوب القطب (المهبط) المضاد للكهرب . بهذه الطريقة يحصل عندنا تيار من الجسيمات الموجبة ، وهذه تؤلف الأشعة الموجبة . هذه الجسيمات الموجبة تسير بطبيعة الحال في الاتجاه المضاد الى الكهارب السالبة .

كل هذا يحدث فيما يسمى بأنبوبة فراغ ، في حين أنه لا يوجد بين القراء من يتصور أن الأنبوبة قد فرغت من جميع الهواء أو الغاز الذي كان بها . قد يدهش بعضهم اذا عرف عظم ما يبقى من جسيمات المادة في الأنبوبة حتى في أعظم فراغ يمكن الوصول اليه .

بعد ما نبذل الممكن لاخلاء الأنبوبة الزجاجية من الهواء يبقى مقدار عظيم من الجزيئات يباع بالتقريب ألفي مليون في كل مليمتر مكعب من الفراغ . وهذا فيما يبدو عدد عظيم من الجزيئات ولكن يحذر بنا أن تقارنه بما تحتويه الأنبوبة قبل أن نستعمل المفرغة الهوائية ، فقد كان مقدار الجزيئات الموجودة اذ ذاك في المليمتر المكعب يعد بألف مليون مليون من الجزيئات .

مما يلذ القارئ أن يتابع التجارب التي ابتدعها سير تومسون ،
وفي الرسم البسيط لجهازه ما يساعد على ايضاح التجارب .



رسم (ط) — أنبوبة لاستكشاف الجسيمات الموجبة

الغرض من هذا الجهاز هو قذف الأشعة الموجبة في امتداد
لأنبوبة تفريغ حيث تدون وجودها بذاتها بواسطة ضرب لوحة
ذات تآلق فوسفورى أو لوحة فوتوغرافية . ونظرا لهذا التهيؤ
الفوتوغرافى سمي امتداد أنبوبة التفريغ ”الخزانة“ .

فى الطريق الممتد من أنبوبة التفريغ ”D“ الى الخزانة ”C“
تمر الأشعة الموجبة خلال الرقبة التى توصل هاتين الغرفتين . وهناك
قضيب من الألومينيوم يعمل عمل القطب السالب موضوع فى الرقبة
كسدادة . هذا القضيب يسد الطريق تماما على الأشعة الموجبة
لولا أن هناك أنبوبة نحاسية دقيقة جدا تحدث ممرا خلال القطب
السالب ، وتعمل عمل قناة تمر منها الأشعة . ثقب هذه الأنبوبة
النحاسية أقل من عشر مليمتر . بهذه الطريقة تمر حزمة دقيقة
جدا من الأشعة الموجبة ، وتصل الى الخزانة الفوتوغرافية . ولكى
نمنع حدوث اضطراب للأشعة فى أثناء مرورها بفعل أى تأثير

مغناطيسى شارد أحيطت الرقبة بأنبوبة حديدية سميكة، واتخذت احتياطات أخرى لمنع زيادة احماء المفاصل وغيرها، ولكن لاداعى الى اجهاد أنفسنا بهذه المسائل. اذا لم ترعج حزمة الأشعة الموجبة فانها تضرب الخزانة عند "H" واذا وضع سائل فوسفورى التالى هناك تحدث بقعة من الضوء. واذا استعملت لوحة فوتوغرافية بدلا من ذلك الحائل تركت بقعة الضوء أثرا في مركز اللوحة الفوتوغرافية ولكن الأشعة الموجبة قد ترعج بفعل مجال مغناطيسى أو مجال كهربائى أثناء مرورها في طريقها الى الخزانة .

P.P ثملان قطبي مغناطيس كهربائى وقد هيء الجهاز بحيث يمكن شحنهما كهربائيا . من أجل هذا عزل طرفاهما من الجسم الأصيل للمغناطيس بواسطة صفحات رقيقة من حجر الطلاق . فإيصال هاتين القطعتين القطبيتين الى بطارية أعمدة تخزين تشحن احدهما سلبية والأخرى ايجابية طوعا للارادة . وفى امكان قيام القطبين بهذه الوظيفة المزدوجة فائدة ، اذ يمكن تعريض الأشعة الى اثاره مغناطيسية وكهربائية ستاتيكية فى وقت واحد ، وهذا الترتيب يدعو الانحرافات المترتبة عليه الى أن تكون على زوايا قائمة بعضها من بعض ، وبعبارة أخرى تتحرف حزمة الأشعة الموجبة عند ما تعرض لمجال كهربائى ستاتيكى الى أعلى أو أدنى تبعا لما اذا كانت القطعة القطبية موجبة التكهرب أو سالبة .

ويكون تأثير المجال المغناطيسى أن يحرف حزمة الأشعة الى اليمين أو اليسار تبعا لقطعة القطب إن جعلت شمالا أو جنوبا .

سيوضح أن المجال الكهربائى ممكنه تهيتته بحيث يحرك بقعة الضوء الى ما فوق مركز الحائل أو اللوحة الفوتوغرافية ، ولكنها تكون دائما على خط رأسى مركزى، وكذلك يمكن تهيتة المجال

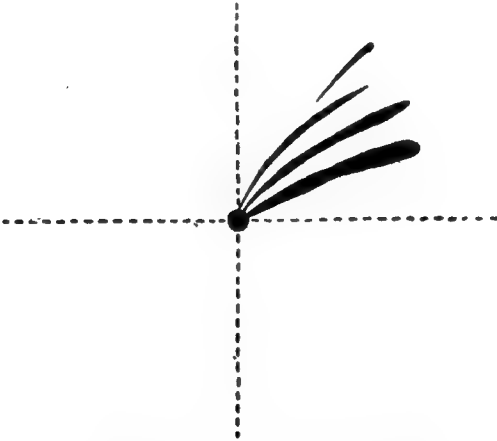
المغناطيسى حتى يحرك بقعة الضوء الى اليسار على استقامة خط أفقى مركزى. وسيتضح أيضا أنه اذا أطلق المجالان معا تتحرك بقعة الضوء الى أعلى وإلى الجانب الأيسر فى موضع ما بين هذين الخطين وفى مروره من مركز اللوحة تكوّن قطعاً مكافئاً (Parabola) (انظر الرسم ص ٢٨٣) .

ويمكن زيادة مبلغ الانحراف أو نقصه بتغير قوى المجالين الكهربائى والمغناطيسى ، ولكنهما يبقيان على حالة واحدة أشياء التجربة . فى هذه الأحوال يتوقف مبلغ الانحراف على جرم الجسيمات الموجبة .

وهذا يختلف تبعا للغازات المستعملة فى أنبوبة التفريغ . فاذا استعمل غاز ثقيل فان الانحراف يكون أقل منه اذا استعمل غاز أخف . ويتوقف مقدار الانحراف أيضا على سرعة الجسيمات ولكن لنا أن نفعل هذا الأمر فيما نحن بصددده .

والرسم المرافق (ص ٢٨٣) يعطينا فكرة عن القطع المكائنة (البارابولات) التى تكوّن الجسيمات المختلفة .

هذه الجسيمات الموجبة ذرات أو جزيئات من المادة ولا تتوقف طبيعة هذه بحال ما على تكوين القطب الموجب ، ولكنها تتوقف كليا على طبيعة الغازات المستعملة فى أنبوبة التفريغ . إن مجرى الجسيمات السالبة يحلل الغاز الى ايونات ويحدث هذا التيار من الجسيمات الموجبة . بهذه الطريقة تستكشف العناصر المختلفة الموجودة فى الغاز تبعا لوزنها الذرى وتكون أخف العناصر أشدها انحرافا بل يدل مبلغ الانحراف على الوزن الذرى .



رسم (ى) قطع مكانة (بارابولات) أحدثها جسيمات موجبة
 رأينا أن تيارا من الجسيمات الكهربائية السلبية (الكهارب)
 ينبعث منطلقا من القطب السالب صوب القطب الموجب .
 هذا التيار المبهطى متكوّن من جسيمات منفصلة من الكهرباء
 السالبة. ولكن ما ينتقل من القطب الموجب الى القطب السالب
 هو تيار من ذرات المادة كل ذرة منها تحمل شحنة من الكهرباء
 الموجبة، ولا يمكننا أن نفصل الكهرباء الموجبة عن ذرات المادة.
 يتضح اذن أن الوصف السابق لهذه التجارب العظيمة لا يتضمن
 تفصيل أمرها، ولكن كان المقصود منه أن تؤدى معنى التجارب
 اجمالا، اذ هى بطبيعة الحال أشد من هذا تعقدا .
 ومن المهم جدا أن يعلم أن كل الخطوط التى تتكوّن على اللوحة
 الفوتوغرافية يمكن تحليلها بالأوزان الذرية للعناصر المعروفة
 الموجودة فى الغازات المستعملة فى أنبوبة التفريغ الكهربائى .

هذه الطريقة الحديثة في الكشف يمكن أن تتناول مقادير مفرطة في الصغر من أى عنصر . في الفقرات الأخيرة من الباب الرابع عشر تكلمنا عن القوى الاستكشافية العجيبة للمرقب الطيفي، ولكن طريقة هذا الشعاع الموجب تفوق كل ما عداها . نحن نعلم أن في ماء البحر مقداراً دقيقاً جداً من عنصر الذهب ولكن يحتاج الأمر الى حجم عظيم جداً من ماء البحر للحصول منه على مقدار ملموس من الذهب ، وكذلك نعلم أن في الهواء الجوى مقداراً ضئيلاً جداً من غاز الهيليوم، ولكن يحتاج الأمر الى حجم عظيم جداً من الهواء لاستخراج شيء مدرك من هذا العنصر . ومع ذلك فإن طريقة الشعاع الايجابي تستطيع أن تستكشف وجود الهيليوم في مقدار من الهواء حجمه سنتيمتر مكعب .

هذه الطريقة الجديدة في استكشاف العناصر تجرى أبعد من مجال المرقب الطيفي، اذ أنها تعطي الأوزان الذرية للمواد المفحوصة . ألا أنه لا شك ان هذا الاستكشاف الذى وفق اليه سيرتومسون سيؤدى الى إلقاء فيض آخر من النور على طبيعة الكهر بائية الموجبة .

الباب السادس والعشرون

الخاتمة

دراسة العلوم — تغير الآراء العلمية تغيرا تاما — جهلنا العظيم — محادثة
مسلية — موقفنا اليوم — مقام الكهرباء في الكون .

آراءنا العلمية اليوم مختلفة بالتأكيد جدا عن آراء أجدادنا .
في الأبواب السابقة رأينا شيئا من التقدم العظيم الذي حدث
في غضون حقبة السنوات العشر الأخيرة .

عجيب أننا وجدنا الأشياء تختلف اختلافا شديدا عما تصوّره
أسلافنا . زعموا أن الضوء والحرارة أشياء مادية . أما نحن فنعم
بوئوق انهما أسلوبان من الحركة في الأثير الكلي التخلل . كانوا
يعتقدون أن ذرات المادة لا تنعدم وانها خالدة ولكن لدينا بينة
صريحة في استكشاف القوة الاشعاعية ، على أن هذا غير الواقع .
منذ عهد غير بعيد كانت الكهرباء تعتبر أسلوبا من الحركة ، نوعا
من الطاقة ، والآن نعلم أنها شيء حقيقى موجود اكتسبنا عن
جسيماته مقدارا عظيما من العلم الصحيح في غضون بضع السنوات
الأخيرة ، ومع ذلك فكما نرى الآراء العلمية التي قال بها أسلافنا أمورا
بغية غفلا أولية فقد ترى الأجيال المقبلة آراءنا كذلك .

إنا نحس تماما أن هناك مقدارا عظيما من الأمور لا نعرف عنها
شيئا والذي نعرفه قليل جدا . مثال ذلك أننا لا نعلم شيئا أصلا
عن طبيعة الأثير أو الحياة أو الكهرباء الموجبة . وفي باب
سابق رأينا أن المسألة الواقفة من قديم الزمن ، مسألة طبيعة الجاذبية
لا تزال كما هي غير محلولة . على أن هذه أمثلة قليلة مما نجهل ولكن
من حسن الحظ أننا ندرك أنه يعوزنا العلم بشيء كثير . قال سينسيل :

أول خطوة الى العرفان معرفتنا أننا جاهلون

قدمت سيدة الى العالم الفرنسى العظيم أراغو (Arago) وسألته عدة أسئلة محيرة فأجاب بتواضع «سيدتى أنا لا أدرى» فخيل اليها أن من الغريب أن يكون رجل عالم مثل أراجو جاهلا كل هذا الجهل ، ولما سألته كيف تأتى له وهو فى طليعة العلماء أن يجهل هذه الأمور لم يزد على أن أجابها بقوله «سيدتى أنا لا أدرى» .

يصادف أحيانا أن نلاقى الانسان الذى يعرف كل شىء . فهو يفخر لصديقه بأنه يعطى جوابا ما عن كل سؤال . لا حاجة بنا الى القول بأن هذا الانسان يعوزه الروح العلمى الحقيقى ، بل إن هذا للرجل مع ذلك يكون فى العادة مستعدا للاعتراف بأنه يجهل ماهية الكهربية . كنت منذ بضع سنين مسافرا فى قطار السكة الحديدية فسمعت محادثة ظريفة بين راكبين بجوارى ، كلاهما تربى فى الريف ، ولكن ظهر أن أحدهما كانت له صلة ما فى المدينة بعمل كهربائى . قال صاحبه : ويك يا رجل ، انك لا تعرف ما هى الكهربية ، وقد دهشت عند ما سمعت الصاحب المتهم يقول «إنه يعرف» قال فى شرحه : إن الكهربية مصنوعة من حامض الكبريتيك والريصاص ، وفى هذا الجواب ما يدل على أن له بعض المعرفة بالمراكم .

موقفنا الحقيقى اليوم هو هذا : نجد كهارب غير منظورة عاملة فيما حولنا . هذه الجسيمات الدقيقة من الكهربية السالبة تكون أشكال انتظام شتى . هذه الأشكال هى ذرات المادة ^(١) والذرة هى مصغر مجموعة شمسية مؤلفة من كهارب دائرة . على أطراف هذه المجموعة الدائرة توجد كهارب تابعة (قرية) تبعث أمواجاف أنير الفراغ المحيط ، هذه الأمواج نسميها ضوءا وحرارة .

(١) المفهوم بطبيعة الحال أنه لا بد من وجود معادل من الكهربية الايجابية

سواء صورناها ككرة أو غير كرة .

ثم هناك كهارب قابلة للانفصال يمكنها أن تنتقل من ذرة الى أخرى . واطراد تحرك مثل هذه الكهارب على مدى سلك يكون تيارا كهربائيا متوصلا ، أما ترجحها إلى الأمام والخلف فيسمى تيارا كهربائيا متبادلا . وإذا كانت الحركة الترجحية سريعة سرعة كافية بعثت هذه الكهارب في الأثير تلك الأمواج اللاسلكية التي نرسل بها الأخبار من السفن واليهما في عروض البحار .

وبغائية انطراد هذه الكهارب القابلة للانفصال من جسم الى جسم يكون تفريغا كهربائيا . تنطلق هذه الكهارب مثل الرصاص من الشيء إلى الآخر .

نحن نرى كيف أن تفريغا من الكهارب من الشمس الى الأرض يحدث فجرا ويهيء نوى لتكوين سحب في الجو الأعلى ، ويعلل وجود الكهربية الجوية وما يصاحبها أحيانا من مظاهر البرق .

ونرى أن الأرض قد أصبحت بسبب تراكم هذه الكهارب ، جسما مشحونا كهربائية سلبية .

ونرى كيف أن الحركة المطردة الكهارب (أى التيار الكهربائى) تحدث اضطرابا معينا في الأثير المحيط ، وهذا نسميه مجالا مغناطيسيا . ونعلل مغناطيسية الأرض بسيل الكهارب في قشرة الأرض ، وأن حركة هذا السيل مسببة عن اختلاف درجة الحرارة .

ونرى بعض الذرات تنزل عن كهرب قابل للانفصال أو أكثر ، وتقبله ذرات أخرى فتحدث اذ ذاك اضطرابا في توازنها الكهربائى وتدعو الذرات الى جذب بعضها بعضا واتحادها اتحادا كيمياويا . وبهذه الطريقة نعلل حدوث جميع صنوف المواد المركبة المعروفة .

نجد أن الكهارب مهما يكن مصدر الحصول عليها تكون دائماً متطابقة .

قال الرايت اونورايل أ . ج . بالفور في صدد نظرية الكهرب هذه حينما رأس مجمع العلوم البريطانية " يقر جميع الناس فيما اعتقد أن مثل هذه المحاولة الجريئة ، محاولة توحيد الطبيعة المادية يثير مشاعر الارتياح الشديد جدا ، اذ يكاد يكون الارتياح الذى تبعته إحساسا بالجمال من حيث شدته ونوعه . انالنشعر بنفس هذا الصنف من الانفعال السار عندما نرى على حين بفاة من قمة ممر تنقبض له النفس جلائل السهل والنهر والجبل ممتدة أسفلنا على بعد . ونرى أن هناك ترقيا تاما من الكهارب الى الذرات والجزيئات ثم الى القوة ثم الى الكهارب ثانية خلال القوة الاشعاعية . ولقد رأينا أن نشوء الانسان وترقيه لا يشغل فى هذا النشوء العام الا جزءا صغيرا جدا من الوقت العظيم الذى يحتاج اليه التغير والانتقال من حالة المادة غير الحية الى المادة الحية . كانت الذرات التى تكون أجسامنا موجودة منذ وضعت أساس الدنيا ، وعند ما نرحل عن هذا الكوكب ستبقى الذرات فى صورة من الصور . قال شكسبير :

قد ترى قيصر المعظم إذا مات وأضحى رهن الفناء رمادا

مالثا جوف نفرة فى جدار ليصد الرياح عنها بدادا

ألا انما تعنى العلوم بما هو طبيعى ومادى . فإذا استشهدنا بمثل ما اقتبسناه هنا عن شكسبير فى رواية "هملت" فانما تقتصر على جانبها المادى وحده فيما يختص بالانسان ، أما العلوم الحقة فلا تلتشد حرمان الانسان روحه أو اقضاء الخالق جل وعلا من كونه ، بل تعمل باخلاص على درس صنعه المدهش واكتناه حكيمه البالغة .

الملحق الأول

المواد المكتونة للعالم

الجداول الآتية مؤسسة على البيانات التي قررتها اللجنة الدولية في سنة ١٩٠٦ الأولى مرتبة حسب الحروف الأبجدية ^(١) كما هو المعتاد. وقد رتبت العناصر في الجدول الثاني تبعا لأوزانها الذرية. أما الجدول الثالث فيتضمن العناصر تبعا لتواريخ استكشافها .
أسماء العناصر بترتيبها الأبجدي

البرومين	الالومينيوم
البلاديوم	الأنثيمون
البلاتينيوم	الارغون
البوتاسيوم	الأربيوم
البراسيوديميوم	الأورانيوم
الجرمانيوم	الايدروجين
الهيليوم	الانديوم
الزرنينخ	الاريديوم
الزينون	الاوكتسيجين
الزركونيوم	الأوزميوم
الزئبق	الايتريوم
الحديد	الايتريوم
اليود	الباريوم
الكادميوم	البريليوم (ويسمى أحيانا الجلوسينيوم)
الكازيوم	البريموت
الكالسيوم	البورون

(١) رتبت العناصر في الترجمة تبعا للأبجدية العربية (المترجم)

الفلورين	الكبريت
الفضة الغائانيوم	الكربون
الفاناديوم	الكلور
الفوسفور	الكروميوم
الصوديوم	الكوبالت
القصدير	الكولومبيوم (نيوبيوم)
الزاديوم	الكريبتون
الروديوم	الملائنتانوم
الروبيديوم	الليثيوم
الروتنيوم	المغنيزيوم
الرصاص	المغنانيز
التانتالوم	الموليبدنيوم
التلوريوم	النحاس
التربيوم	النيوديميوم
التاليوم	النيون
التوريوم	النيكل
التوليوم	النيوبيوم (كلومبيوم)
التيتانيوم	النيروجين
التانجستين	السماريوم
الخارصين	السكانديوم
الذهب	السلينيوم
الغادولينيوم	السليكون
الغاليوم	السترنتيوم
الغلوسينيوم (بريليوم)	السيريوم
	المسيزيوم

يلاحظ أن العناصر التي نجدها في التغيرات المسببة عن القوة الاشعاعية ، مثل غاز "الانبعاث" غير مدرجة في هذا الجدول لأنها معروفة لنا بخواصها الاشعاعية الفعالة دون سواها .

العناصر تبعا لأوزانها الذرية

٤٨,١	... ..	التيتانيوم	١,٠٠٨	... ..	الاييدروجين
٥١,٢	... ..	القانديوم	٤,٠٠	... ..	الهيليوم
٥٢,١	... ..	الكروميوم	٧,٠٣	... ..	الليثيوم
٥٥,٠	... ..	المنغنيز	٩,١	... ..	الفلوسينوم
٥٥,٩	... ..	الحديد	١١,٠	... ..	البورون
٥٨,٧	... ..	النيكل	١٢,٠	... ..	الكربون
٥٩,٠	... ..	الكوبالت	١٤,٠٤	... ..	التروجين
٦٣,٦	... ..	النحاس	١٦,٠	... ..	الأوكسيجين
٦٥,٤	... ..	الخارصين	١٩,٠	... ..	الفلورين
٧٠,٠	... ..	الغاليوم	٢٠,٠	... ..	النيون
٧٢,٥	... ..	الجرمانيوم	٢٣,٠٥	... ..	الصوديوم
٧٥,٠	... ..	الزنتخ	٢٤,٣٦	... ..	المغنيزيوم
٧٩,٢	... ..	السليسيوم	٢٧,١	... ..	الالومينيوم
٧٩,٩٦	... ..	البرومين	٢٨,٤	... ..	السليكون
٨١,٨	... ..	الكريبتون	٣١,٠	... ..	الفوسفور
٨٥,٤	... ..	الروبيديوم	٣٢,٠٦	... ..	الكبريت
٨٧,٦	... ..	السترونتيوم	٣٥,٤٥	... ..	الكلورين
٨٩,٠	... ..	الأتريوم	٣٩,١٥	... ..	البوتاسيوم
٩٠,٢٦	... ..	الزكونيوم	٣٩,٩	... ..	الأرغون
٩٤,٠	... ..	الكولومبيوم	٤٠,١	... ..	الكالسيوم
٩٦,٠	... ..	الموليبدنيوم	٤٤,١	... ..	السكانديوم

١٥٦,٠ ... الفادولينيوم	١٠١,٧ الروتينيوم
١٦٠,٠ الثرييوم	١٠٣,٠ الروديوم
١٦٦,٠ الأربيوم	١٠٦,٥ البلاديوم
١٧١,٠ التوليوم	١٠٧,٩٣ الفضة
١٧٣,٠ الايتربيوم	١١٢,٤ الكاديوم
١٨٣,٠ التانتالوم	١١٤,٠ الأنديوم
١٨٤,٠ التانغستين	١١٩,٠ القصدير
١٩١,٠ الأوزميوم	١٢٠,٢ الأنيمون
١٩٣,٠ الأريديوم	١٢٦,٨٥ اليود
١٩٤,٨ البلاينيوم	١٢٧,٦ التليريوم
١٩٧,٢ الذهب	١٢٨,٠ الزينون
٢٠٠,٠ الزئبق	١٣٢,٩ السيزيوم
٢٠٤,١ التاليوم	١٣٧,٤ الباريوم
٢٠٦,٩ الرصاص	١٣٨,٩ اللاتانوم
٢٠٨,٥ البرزموث	١٤٠,٥ البراسيوديميوم
٢٢٥,٠ الراديوم	١٤٠,٢٥ السيريوم
٢٣٢,٥ الثوريوم	١٤٣,٦ النيوديميوم
٢٣٨,٠ الأورانيوم	١٥٠,٠ السماريوم

الاوزان الذرية الميينة هنا ليست على اعتبار الايدروجين وحدة بل على اعتبار أن الأوكسيجين ١٦ ؛ على أن الطريقتين مستعملتان عادة ، غير أن الطريقة الاخيرة أفضل لأن من شأنها أن تنتج أوزانا ذرية على صورة أعداد صحيحة لكثير من العناصر، ويلاحظ أن الثلاثة العناصر الأثقل وزنا ذوات قوة اشعاعية شديدة .

العناصر بترتيب استكشافها

سنة	العنصر	المستكشف
١٤٥٠	الأتشون	قالتين (كياوى جرمانى)
١٤٥٠	البزموت	...
١٥٤٠	الخارصين	باراسلسوس (كياوى سويسرى)
١٦٩٤	الزرنخ	شرودر (جرمانى)
١٧٣٣	الكوبالت	براندت »
١٧٣٨	الفوسفور	» »
١٧٥١	النكل	كروستاد (رومى)
١٧٦٦	الايدروجين	كافنديش (انكليزى)
١٧٧٢	النروجين	روتر فورد »
١٧٧٤	المنغنايز	جاهن (أسوجى)
١٧٧٤	الأوكسيجين	بريستلى (انكليزى)
١٧٨٠	الأورانيوم	كلاپروت (جرمانى)
١٧٨١	التنتسيت	دبلهوپار (اسبانى)
١٧٨٢	المولبدنيوم	هيل (أسوجى)
١٧٨٢	التلورىوم	ريشنستين (جرمانى)
١٧٩٥	التيتانيوم	كلاپروت
١٧٩٧	الكروميوم	فوكلين (فرنسى)
١٨٠١	التانتالوم	هانسن (انكليزى)
١٨٠١	السيوم	برزيلوس وهينجز (أسوجيان)
١٨٠١	الفاناديوم	دل ويو (اسبانى)
١٨٠٣	الأوزميوم	تانت (انكليزى)
١٨٠٣	البالاديوم	ولاستون (انكليزى)
١٨٠٤	الاريديوم	تانت (انكليزى)
١٨٠٤	الروديوم	ولاستون (انكليزى)
١٨٠٧	البوتاسيوم	دافى (انكليزى)
١٨٠٧	الصوديوم	» (»)

تابع) جدول العناصر بترتيب استكشافها

سنة	العنصر	المستكشف
١٨٠٨	الباريوم	دافى (انكليزى) و برزيلوس (أسوجى)
١٨٠٨	السترونتيوم	دافى (انكليزى)
١٨٠٨	البورون	دافى (انكليزى) وكلى-لوساك (فرنسى)
١٨٠٨	المغنيزيوم	دافى
١٨٠٨	الكالسيوم	دافى (انكليزى) و برزيلوس (أسوجى)
١٨١٠	الكالورين	دافى (انكليزى)
١٨١٠	الفلورين	امبير (فرنسى)
١٨١١	اليودين	كورتوا (فرنسى)
١٨١٧	السيلينيوم	برزيلوس (أسوجى)
١٨١٧	الليثيوم	أرفيدسون (أسوجى)
١٨١٧	الكادميوم	هرمان واستروميير (أسوجيان)
١٨٢٣	السلكون	برزيلوس (أسوجى)
١٨٢٤	الزركونيوم	» (»)
١٨٢٦	البرومين	بالارد (فرنسى)
١٨٢٧	البريليوم	وهلر (جرمانى)
١٨٢٨	الالومينيوم	» (»)
١٨٢٨	التورיום	برزيلوس (أسوجى)
١٨٢٨	الأثريوم	وهلر (جرمانى)
١٨٤١	اللانثانوم	موساندر (أسوجى)
١٨٤٣	التربيوم	» (»)
١٨٤٣	الأربيوم	» (»)
١٨٤٤	الروتيوم	كلوس (جرمانى)
١٨٤٦	الكولبيوم	روز (انكليزى)
١٨٦٠	الكازيوم	بنسن وكزشلوف (جرمانى)
١٨٦٢	التاليوم	كروكس (انكليزى)
١٨٦٣	الأنديوم	ریش وریشتر (جرمانيان)

(تابع) جدول العناصر بترتيب استكشافها

السنة	العنصر	المستكشف
١٨٦٨	الهيليوم (في الشمس) ...	لويس برون (انكليزي)
١٨٦٨	الروبيديوم ...	بنسنت (جرماني)
١٨٧٥	الغاليوم ...	بواز بودران (فرنسي)
١٨٧٨	الايتريوم ...	مارينيك (فرندي)
١٨٧٨	التوليوم ...	كلاف (أسويجي)
١٨٧٩	السكانديوم ...	نيلسون (أسويجي)
١٨٧٩	السماريوم ...	بواز بودران (فرنسي)
١٨٨٥	البراسيوديوم ...	ولشباخ (جرماني)
١٨٨٥	النيوبيوم ...	(») (»)
١٨٨٦	الغادولينيوم ...	مارينيك (فرنسي)
١٨٨٦	الجرمانيوم ...	ونكلر (جرماني)
١٨٩٤	الارغون ...	رايلاي ورمساي (انكليزيان)
١٨٩٥	الهيليوم (في الأرض) ...	رمساي (انكليزي)
١٨٩٧	الكريبتون ...	» ترافرس (انكليزي)
١٨٩٨	الزينون ...	» (») (»)
١٨٩٨	النيون ...	» (») (»)
١٨٩٨	الراديوم ...	كيوري (فرنسي)

لا يدهش الانسان اذ يجد العناصر الشائعة — كالحديد والنحاس والذهب والفضة والرصاص والكربون — غير مدرجة في الجدول السابق، اذ ليس عندنا ما يستدل منه على تاريخ استكشافها في قديم الزمن . ومن الأسماء العجيبة المطلقة على كثير من العناصر يستنتج الانسان أن هذه العناصر قد استكشفتها أجناب (١) .

(١) عن انكلترا (المترجم)

ومن العناصر الستة الأخيرة خمسة استكشفها سيرويليام
رمساي . أما آخر عنصر في الجدول ، وهو الراديوم ، فهو
استكشاف فرنسي .

وقد يعجب بعضهم اذ يرى الأورانيوم في الطلائع . نعم إن
خواصه الإشعاعية الفعالة لم تعرف الا في سنة ١٨٩٦ ولكنه
استكشف فعلا في سنة ١٧٨٠

الملحق الثاني

مذكرة تاريخية عن نظرية الضوء الحديثة

١٨٠٤

اعتقد الانسان لمدة مائة سنة أو تزيد أن الضوء مكوّن من كريات مادية كما زعم سيراسحاق نيوتن عند ختم القرن السابع عشر. ولذا فاننا ندرك مقدار الصعوبة التي لاقاها أولئك الذين عاشوا في أوائل القرن التاسع عشر في قبول الرأي الجديد الذي أدلى به الأستاذ يانج العضو بالمعهد الملكي بلندرة اذ قال : ان الضوء ليس الا حركة موجية في الأثير. شرح الدكتور يانج نظريته في المحاضرة التي ألقاها سنة ١٨٠٤ (The Bakerian Lecture) والتي نشرت بتمامها في مجموعة الأبحاث الفلسفية The Philosophical Transactions لتلك السنة . وقد سبق لي أن أشرت الى النقد الذي ظهر في مجلة ادنبره (Edinburgh Review) لسنة ١٨٠٤ (ص ٩٧ المجلد الخامس) فهي تتضمن سبع صفحات من النقد المزيّساتل الانسان نفسه اذا قرأها : ماذا كان يقول الناقد لو أنه عاد الى الأرض ورأى أن الدكتور يانج كان على تمام الحق ، وهنا أدرج بعض مقتبسات من ذلك النقد لمن لايسهل عليه الرجوع الى تلك المجلة القديمة .

بعد أن أشار الناقد الى عبارات التأنيب التي وجدت المجلة ضرورة توجيهها فيما سبق الى الدكتور يانج قال : «إن هذه المحاضرة تشتمل على مزيد من الأوهام ومزيد من الخلط ، ومزيد من النظريات الفرضية العديمة الأساس . ومزيد من الخرافات القصصية الفارغة كل هذا صادر من ذلك الذهن الخصب ، وإن كان غير مثمر ، ذهن نفس ذلك الدكتور يانج

الحالد في العدد الثاني من مجلتنا شرحنا بطلان قانون التدخل ، الذى سر الكاتب أن يطلقه اسما على افتراض من أشد الافتراضات استعصاء على الإدراك فيما نذكر أننا صادفنا في تاريخ النظريات الانسانية ولكن الدكتور يانج ، في الحق ، سريع التمهض عن النظريات الفرضية . وسواء أكانت هذه الأشياء الوخيمة ذات نمو سريع بالفطرة كالأعشاب الزهمة ، أم أنه ذو عقل وثاب ونشاء.....” ثم يأخذ الدكتور يانج يهدم بضربة واحدة جميع نظرية نيوتن الضوئية ويبين ، استنادا الى مقاييس نيوتن نفسه، أن فكرته القائلة بوجود جسيمات متحركة بدافع قوة قاذفة ، باطلة بطلانا تاما . ان عملية هذا الهدم السريع غريبة فما يلوح لنا ، ونحن نخصها بالاعتباس للدلالة على طريقة الدكتور يانج “ .

ثم يتلو ذلك اقتباس كثير من محاضرة الدكتور يانج التى ثبت اليوم صدق كل كلمة فيها أما الناقد فينتعها بأنها ”مسألة باطلة من مسائل ما وراء الطبيعة“ وقد اختتم الناقد استعراضه للمحاضرة بهذه الكلمات ”والآن نصرف عنا أحلام هذا المؤلف الطبيعية بعد إذ بحثنا فيها على غير جدوى عن بعض أثار من العلم ، والدقة ، والذكاء تعوّض عن نقصها الصريح في قوى التفكير القويم . شرعنا في فحص المحاضرة وليس بنا من روح التحامل إلا ذلك القسط المسموح به ضد النظريات الفرضية الفارغة التى اكتسح بها جميع عشاق العلم الحقيقيين على مدى قرن كامل ونصف“ اه .

في النقد الذى نقلنا عنه هذه المقتبسات محاولة من الكاتب في نقض نظرية يانج ، ولكن الظاهر من جميع أجزاء النقد أن الصعوبة التى يستشعرها الناقد أنه عاجز عن ادراك حقيقة الأثير .

ومما يهم القارئ معرفة أن نظريات الموج كانت شائعة قبل عهد نيوتن ولكنها لم تكن شائعة وقد أهملها الفيلسوف العظيم قصدا .
واسم «هوجنس» معروف جيدا في صدد النظريات الموجية .

١٨١٥

فرسئل الفرنسى قام بشئ كثير فى سبيل ترقية نظرية الضوء الموجية . وهو وان كان قد كتب الى صديق له فى الثامن والعشرين من ديسمبر سنة ١٨١٤ يسأله أن يرسل اليه بعض كتب اذ أنه لم يكن يعرف معنى "تقطيب الضوء" فقد أصبح فى نهاية السنة التالية من خير الثقات فى هذا الموضوع .

١٨٤٥

ميشيل فارادى (أميرالمجترين) عند ما كان يشتغل فى المعهد الملكى بلندن سنة ١٨٤٥ استطاع أن يبين العلاقة الحقيقية الموجودة بين الضوء والمغناطيسية . فقد أدار حزمة من الضوء المستقطب بواسطة مغناطيس قوى .

١٨٦٤

كلارك مكسويل (كامبردج) وضع العمليات الرياضية الخاصة بنظرية الضوء الكهرومغناطيسية وأعلن اعتمادا على عملياته أن لا بد فى الأثير من أمواج كهربائية أطول من المعتاد ، طبيعتها طبيعة الضوء ، ولم يقتف أثر هذه الأمواج بالتجارب أبدا ربح قرن تقريبا .

١٨٧٦

الدكتور جون كرا (جلاسجو) أمكنه أن يبرهن على أن حزمة الضوء المستقطب تتأثر اذا هى سقطت على قطب مصقول لمغناطيس كهربائى عند ما تنعكس عنه .

١٨٨٠

هـ . أ . لورنتز (امستردام) قال ان الضوء مسبب عن كرى دقيقة مشحونة كهربائيا ودائرة حول ذرات المادة . وقد وضع العمليات الرياضية الخاصة بهذه النظرية وحاول كثير من الناس أن يحدوا لها برهانا تجريبيا ولكنهم عجزوا عن ذلك حينذاك .

١٨٨٨

هنريخ هرتز (جرمانيا) استكشف وقاس الأمواج الكهربائية التي تنبأ عنها كلارك ماكسويل قبل ذلك العهد بأربع وعشرين سنة . أثبت هرتز أن هذه الأمواج لها نفس الخواص التي للضوء تماما ، سوى أنها ذات أطوال موجية أعظم . وقد أكمل استكشاف هرتز هذا ، العلاقة التي بين الكهرباء والضوء ، واليوم لا ينازع انسان في صدق نظرية كهراطيسية الضوء .

١٨٩٦

الأستاذ زيمان (هولاندا) أتى بالبرهان التجريبي على صدق نظرية لورنتز ، وأثبت أن الكهارب الدائرة تتأثر بفعل المجال المغناطيسى القوى اذ تتغير سرع دورانها كما هو مشروح فى ص (٢٠٩)

الملحق الثالث

- بيانات عن بعض خصائص الأمواج الأثيرية
جميع الأمواج الأثيرية ذات طبيعة واحدة وإنما تختلف في أطوالها
الموجية . وترى الأصناف الآتية في الطيف المذكور :
- الأمواج التي تحدث احساس الأحمر ٣٤٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة .
- الأمواج التي تحدث احساس البرتقالى ٣٧٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة .
- الأمواج التي تحدث احساس الأصفر ٤٢٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة .
- الأمواج التي تحدث احساس الأخضر ٤٨٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة .
- الأمواج التي تحدث احساس الأزرق ٥١٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة .
- الأمواج التي تحدث احساس النيلي ٦١٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة .
- الأمواج التي تحدث احساس البنفسجى ٦٤٠٠٠ موجة تقريبا
في البوصة^(١) .
- وإذ كانت سرعة سير هذه الأمواج هي ١٨٦٠٠٠ في الثانية
فإن عدد الأمواج التي تمر بأى نقطة في ثانية واحدة تكون :

(١) يلاحظ أنه يوجد بين الطرف الأقصى من الأحمر والطرف الأقصى من البنفسجى من الطيف كل صنف من الطول الموجى — ما بين واحد على ٣٢ ألف وواحد على ٦٤ ألف من البوصة .

الأمواج التي تحدث احساس الأحمر ٤٠٠ بليون في الثانية
تقريبا .

الأمواج التي تحدث احساس البرتقالى ٤٤٠ بليون في الثانية
تقريبا .

الأمواج التي تحدث احساس الأصفر ٥٠٠ بليون في الثانية
تقريبا .

الأمواج التي تحدث احساس الأخضر ٥٧٠ بليون في الثانية
تقريبا .

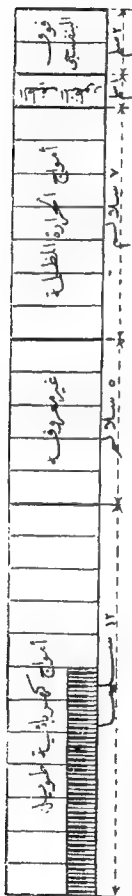
الأمواج التي تحدث احساس الأزرق ٦٠٠ بليون في الثانية
تقريبا .

الأمواج التي تحدث احساس النيلي ٧٠٠ بليون في الثانية
تقريبا .

الأمواج التي تحدث احساس البنفسجى ٧٥٠ بليون في الثانية
تقريبا .

هذه الأرقام تعطينا كذلك سرع الدوران الذى تقوم به الكهارب
حول ذراتها لإحداث هذه الأمواج الأثيرية .

من الرسم الآتى نرى أن تلك الأمواج التي تحدث الابصار عندنا
تشغل جزء صغيرا من المدى الكلى للأمواج الأثيرية . عندنا هنا
فكرة لوحة بيانو طويلة تتضمن سبعة وعشرين سلما . أو طام مقام
فيها أى أقل سرعة اهتزاز ٥٠ مليون هزة في الثانية، ولكننا نعلم أنه
توجد أمواج أطول من ذلك بكثير في بعض نظم التلغرافية اللاسلكية.
في الطرف الأقصى من اللوحة نجد أعلى مقام أو أكثر سرعة اهتزاز
وهى ٣٠٠٠ بليون اهتزاز في الثانية .



رسم (٥)

مدى الأمواج الانبهرية

يساعد هذا الرسم على إدراك صغر مقدار الأمواج الانبهرية التي تؤثر في أبصارنا . في الجانب الأيسر من الرسم ترى لوحة بيانات عادية ذات سبعة مقامات . اللوحة كبيرة طويلة مكثزة من ٢٧ سلما تمثل مدى الأمواج الانبهرية . وقد بينت عليها المواقع النسبية للأمواج الكهربية والاشعاعات الحرارية، والضوء المنظور والضوء فوق البنفسجي، وأعطيت بيانات إضافية في متن الكتاب .

وإذا أردنا أن نضيف إلى هذا أشعة رونتجن وجب أن نمد الرسم بمقدار عشرة سلالم أو أحد عشر سلما وراء الطرف فوق البنفسجي . وعندئذ تمثل سلمان أو ثلاثة في الطرف الأقصى للأشعة السينية .

الملحق الرابع

الكهارب غير المنظورة

قد يشتهى بعض القراء أن يزداد من العلم بالطرق المتبعة في عد الكهارب وفي تقدير معدلات سرعتها ، ومع ذلك فقد لا يهمهم أن يوغلوا في الموضوع إغال الكتب الدراسية فيه . في الباب الثالث اكتفينا بناول العموميات تاركين اتمام التفاصيل لمن يهمهم أن يفعلوا ذلك من البيانات المدرجة هنا .

رأينا أنه كان من الطبيعي أن يحكم بأن الكهارب جسيمات مشحونة شحنة سلبية لأنها تنطلق أو تنطرد عن المهبط أى القطب السالب . هذه المسألة يمكن وضعها موضع الاختبار . اذا وضعنا وعاء معدنيا صغيرا داخل أنبوبة فراغ حتى تدخله الجسيمات المهبطية أى الكهارب نستطيع أن نختبر نوع التكهرب ، بل نستطيع أكثر من ذلك . يمكننا أن نقيس مقدار الشحنة الواردة من تيار مهبطى معين في وقت معين . على أن مهمتنا الأساسية هي عد الكهارب غير المنظورة، وهو أمر يخيل إلينا أنه مستحيل استحالة تامة . ولكننا نعلم أن هذه الاستحالة المتخيلة قد بطلت وأمكن تحقيق موضوعها .

يحسن بنا أن نبدأ بالكلام عن تجارب أيتكن (Aitken) لعد جسيمات العثير غير المنظورة التي يشتمل عليها الهواء ، اذ أن الطريقة التي استعملها لهذا الغرض كانت بمثابة الخطوة الأولى نحو الطريق المؤدى الى تحقيق العمل العظيم الأخير ألا وهو عد الكهارب .

أبان أيتكن أن تجاربه مؤسسة على الثابت من أن بخار الماء يكتنف على جسيمات الغبار غير المنظورة في الجو ، ولكنها لا تكتنف

على الهواء الخالى من الغبار . ولذلك عمد فصفى جميع ما يشتمل عليه جرم معلوم من الهواء بامرارته في سدادات من صوف الزجاج . أخذ كرة زجاجية ملاءى بهواء خال من الغبار وكرة مثلها ملاءى بهواء عادى وأدخل قليلا من بخار الماء في كل منهما فتكون سحب على الفور في الزجاجية التي تشتمل على الهواء العادى ، ولم يتكون سحب أو ضباب في الهواء الخالص من الغبار في الزجاجية الأخرى . قبل إدخال البخار لا يمكن الانسان أن يرى فرقا بين محتويات الوعاءين . كان كلاهما مملوءا بهواء غير منظور . وانما ظهر جليا أن هناك اختلافا حقيقيا عندما أدخل البخار فيهما . تكشف البخار على جسيمات الغبار غير المنظورة في الوعاء المشتمل على الهواء العادى وبقى معلقا على صورة سحب . أما الوعاء الثانى الذى لم يكن به من جسيمات الغبار ما يعمل عمل النواة فقد ظل رائقا وتكشف البخار على جدران الوعاء . وهذا ما كان يحدث في حياتنا العادية لولا وجود جسيمات دقيقة في الجو . لولاها ما كان عندنا مطر ولكن كانت جدران منازلنا وكل شئ آخر تلوح مبلة .

ووجد أيتكن أنه بتغييره مقادير جسيمات الغبار في الهواء الذى تشتمل عليه كرتا الزجاج يستطيع أن يمثل به ضباب لندن القائم أو " شابورة " سكوتلاندا أو رذاذ مطر . فاذا كان هناك مقدار عظيم من جسيمات الغبار في الهواء فان بخار الماء عند التكثف يقسم نفسه عليها جميعها وتبقى كل ذرة منها سابجة في الهواء ، وليس عليها الا مقدار قليل من بخار الماء الموزع على الجميع . ولذلك يكثر الضباب الكثيف في المدن الكبيرة .

ووجد أيضا بالتجربة أن وجود مقدار قليل من الغبار في الهواء يعنى أن كل ذرة من الغبار تمسك بمقدار أكبر من بخار الماء ، ونهذه

الطريقة تنتج شابورة اسكوتلاندا^(١) . في هذه الحالة تكون ذرات الغبار ، أى جسيماته أشد تمحلا للبخار من جسيمات الضباب ، ومع ذلك فإن هذه الجسيمات الغبارية الثقيلة الحمل تقدر على السباحة لمدة وجيزة في الهواء . ودلت التجارب الأخرى على أنه اذا كانت جسيمات الغبار الموجودة أقل مما سبق ، واذا كانت هناك رطوبة كثيرة في الهواء تتكون نقطة منظورة من الماء حول كل جسيم من الغبار وتقع هذه الجسيمات التي حملت فوق استطاعتها على صورة مطر .

وقد خطر لإيتكن أنه اذا استطاع أن يعد نقط المطر أمكنه أن يعرف مقدار جسيمات الغبار الموجودة في الهواء . وقد استطاع أن يصل الى هذا بواسطة حمل نقط الماء الدقيقة المتكونة في ستيمرت مكعب من الهواء على أن تسقط على مرآة مفضضة صغيرة . كانت المرآة قد قسمت الى عدد كبير من الأجزاء المتساوية وعدت نقط المطر التي يشتمل عليها جزء من هذه الأجزاء بواسطة عدسة مكبرة قوية .

(١) في بعض الأبواب السابقة تكلمنا عن الوسائل العديدة المستعملة لتحليل الهواء الى ايونات . ان شرارة كهربائية ، أو مرور أشعة رونتجن أو تسمعات الراديوم تحلل الهواء الى ايونات . ويذكر القارئ أن التحليل الى ايونات معناه فصل الذرات الموجبة والذرات السالبة التي تكون جزيئات الغاز لاعطائنا ايونات (ions) . وجبة أو جزالة . بل إن احداث رشاش في الماء قد يدعو بعض جزيئات الهواء المحيط الى الانقطار الى ايونات سالبة وأخرى موجبة . وقد استكشفت هذه عند مساقط شلالات الماء . وكذلك الأمر في المصابيح المشتعلة وأسلاك المعدن المصهورة الى درجة الاحمرار فانها تحدث ايونات بمقادير كبيرة .

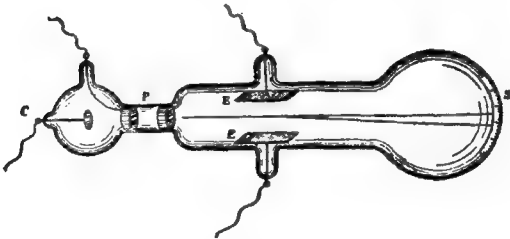
ووجدك . ت . ر . ويلسون بالتجربة أنه اذا تحلل هواء تام النقاء من الغبار في وعاء زجاجي الى ايونات فان بخار الماء يتكثف ويكون سحباً . ولكننا لا نأمل أن نرى قط الماء الفردية كما رأى . ايتمكن بصعوبة على جسيمات الغبار الكبيرة ، فلينظر أولاً كيف يكون السحاب .

اتبع ايتمكن في بعض تجاربه الطريقة الآتية لاحداث التكثف على الجسيمات الغبارية . وصل مفرغة هوائية بالوعاء الزجاجي المشتمل على الهواء المراد اختباره وعلى بعض بخار من الماء أيضاً . دورة واحدة من المفرغة الهوائية سحبت بعض الهواء ودعت الهواء الباقي الى التمدد بخفة ، وأدى تمدد الهواء الى هبوط درجة حرارته ، وترتب على هذا تكثف البخار المائي على جسيمات الغبار وتكوين سحب منظور . وهذه الطريقة عينها هي التي استعملت في عد الكهارب .

تعرض كرة زجاجية مشتملة على هواء خال من الغبار تماماً وعلى قليل من بخار الماء الى الأشعة السينية فيتحلل الهواء عند ذلك الى ايونات ولا يرى اذ ذاك أثر لهذا العمل حتى يسحب من الكرة بخفة قليل من الهواء بواسطة مفرغة هوائية تتصل بالكرة . عندئذ يرى أنه تكون فيها سحب منظور .

قبل أن يفكر علماء الفوسيقين من كبردج في عد الكهارب أبان سيرچورج ستوكس كيف يمكن معرفة حجم نقط المطر في سحب ما وذلك بمراقبة السرعة التي يسقط بها السحاب . وقد نفع القانون الرياضي الذي وضعه سيرچورج ستوكس نفعا كبيرا اذ أتى في الوقت المناسب في التجارب التي عملت بعد ذلك على السحب المتكونة على

الأيونات السالبة ، أى الذرات الحائرة على كهرب زائد . عرف المحرب بالضبط كم مقدار ما يتكثف من البخار عند كل دورة من دورات المفرغة الهوائية . ولذلك استطاع أن يعرف مجموع وزن الماء الموجود فى السحاب ، وبتقدير وزن كل نقطة على هذا الاعتبار استطاع أن يعرف كم نقطة توجد فى السحاب ، وبالتالى كم عدد الأيونات الموجودة فى السنتيمتر المكعب . ولقد كان عدّ الكهارب هذا شيئاً عظيماً القدر جداً فقد استطاع الرياضيون بواسطة ما تضمنه من المعلومات أن يقدرُوا حجم الكهرب وكتلته . واذ سبق تعيين نسبة الشحنة الكهربائية فى الكهرب الى جرمه فقد أمكن الوصول الى قيمة الشحنة .



رسم (و) عمل تجارب على الأليكترونات (الكهارب)

وهناك نقطة أخرى تهتم القارئ العادى ، وهى طريقة تعيين سرعة الكهارب . عيّنت هذه السرعة كما سبق القول فى متن الكتاب بواسطة قياس مقدار الانحراف المسبب عن مجال كهربائى استاتيكي والانحراف المسبب عن مجال مغناطيسى . يدل الرسم على طريقة قياس الانحراف الأليكتروستاتيكي . تنطلق الكهارب عن المهبط «C» وبعد مرورها خلال الشقوق فى الحواجز «P» يمر تيار الكهارب مستقيماً الى طرف الأنبوبة ويحدث بقعة من التألق

الفوسفورى على الزجاج. وعند ما تكون اللوحتان «EE» مشحونتين على التناقض ، وذلك بإيصالهما ببعض أعمدة من مرمم كهربائى ينحرف المحرى . اللوحة المشحونة سلبيا تطرد الكهارب ، أما اللوحة المشحونة ايجابيا فتجذبها ، وعليه فاذا كانت اللوحة العليا هى السالبة فان تيار الكهارب ينحرف الى أسفل بحيث تظهر البقعة المشرقة فى مكان أكثر انحطاطا على طرف الأنبوبة. وهناك مقياس من الورق ملصق على ظاهر الأنبوبة ليعرف به مبلغ الانحراف .

وقد يعرض نفس تيار الكهارب الى تأثير مجال مغناطيسى باصراره بين القطبين الجانبيين من مغناطيس . وقد تهيأ احدى القوتين بحيث تعادل القوة الأخرى وبواسطة عمليتي القياس الممكن الحصول عليها بهذه الوساطة تعين سرعة الكهارب . وقد تكلمنا عن مقادير السرعة الحقيقية للكهارب فى الباب الثالث من الكتاب . وهذا الجهاز نفسه يد الرياضيين بالنسبة بين الشحنة والكتلة ، وهى المشار اليها فى صفحة رقم ٣٠١

ويستطيع القارئ أن يرى مجموعة أجهزة مستعملة لبيان التفاصيل السابقة فى قسم العلوم من متحف فيكتوريا وألبرت (بلندن) فقد أعارهم إياها الأستاذ ج. ج. تومسون

اتهى الكتاب

Bibliotheca Alexandrina



0632990